Phys. spec. 602

R

Phys.
Systém. et compend. p.
Scholz.

ANFANGSGRÜNDE

DER

PHYSIK

ALS

VORBEREITUNG

ZUM STUDIUM DER CHEMIE

VON

Dr. BENJAMIN SCHOLZ.

MIT EINER VORREDE

VON

JOSEPH FREYHERRN VON JACQUIN.

Nebst vier Kupfertafeln.

Wien, 1816.

Im Verlage der Camesina'schen Buchhandlung.

Und noch niemand hat's erkundet,
Wie die grosse Mutter schafft:
Unergründlich ist das Wirken,
Unerforschlich ist die Kraft.

Ihrem Wirken freygegeben
Ist der Kräfte grosses Reich;
Neues bildend aus dem Alten,
Stellt sie sich dem Schöpfer gleich.

Schiller.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Vorrede.

Eine vieljährige Erfahrung bey meinen öffentlichen Vorträgen der Chemie lehrte mich nur zu oft, dass, ungeachtet des guten Fortganges meiner Schüler, dessen ich mich bisher zu erfreuen Ursache hatte, die klare Auffassung der Thatsachen sowohl, als der Vorstellungsarten über ihren Zusammenhang, einem grossen Theile derselben dadurch besonders erschweret wurde, weil sie nicht genug ausgebreitete Vorkenntnisse in jenen Lehren der Physik mitbrachten, welche eben zur Begründung, sowohl der deutlichen Darstellung der Erscheinungen, als ihrer Erklärungen in der Chemie dienen müssen. Diese Schwierigkeiten stiegen bey den neuesten Fortschritten dieser Wissenschaft in dem Grade, als der Einfluss und die Mitwirkung elektrischer Erscheinungen, wie auch jener des Lichts, der Wärme u. s. f. bey den chemischen Veränderungen, so wie gegenseitig die Erregung der ersteren durch Chemismus immer näher und umständlicher beobachtet wurden, und zugleich

die Erweiterung der Chemie keine Zeit mehr übrig liess, um sich in den chemischen Vorlesungen mit Nachhohlungen aus diesen Theilen der Physik aufzuhalten. Der grössere Theil jener Jünglinge, die einen Gewerbszweig erwählt haben, zu dessen vortheilhafterer Betreibung gründliche und ausgebreitete Kenntnisse in der Chemie eine unerlässliche Bedingung sind, als Pharmaceuten, Technologen und rationelle Landwirthe, pflegen sehr zweckmässig die grössere Zahl ihrer früheren Bildungsjahre der vorläufigen Aneignung empirischer Kenntnisse und practischer Fertigkeiten in ihrem Fache zu widmen, und haben daher selten weder Zeit noch Gelegenheit gehabt, einen öffentlichen Unterricht über Physik zu benützen, an dessen Genusse auch noch ein Theil derselben durch die eingeführten Formen und den Vortrag in lateinischer Sprache gehindert wird. Allein selbst jener Theil der Zuhörer, welcher, wie die Mediciner und angehenden Geschäftsmänner, in dem vorgeschriebenen Verlaufe ihrer philosophischen Studien Physik gehöret haben, sind in jenen Lehren, welche eben zur Vorbereitung für die Chemie vorzüglich dienen sollen, nicht durchgängig so vorbereitet, als es zu wünschen wäre; wesswegen die Vielfältigkeit der Gegenstände, denen sie sich zugleich widmen muss-

ten, die kurze Zeit, welche den Lehrern, die noch bedeutende Theile der angewandten Mathematik, als: die Mechanik sammt ihrer Anwendung auf den Bau des Himmels, oder die Astronomie u. s. w. in dem Lehrcurse der Physik vorzutragen haben, für diese nunmehr so weitläufig gewordenen Lehren übrig bleibt, und manche andere Umstände sie zum Theil entschuldigen. Es war daher schon lange mein Wunsch, meinen Zuhörern ein Handbuch empfehlen zu können, worin die dem angehenden Chemisten nothwendigen Lehren der Physik kurz, aber vollständig, mit Beziehungen auf die im gemeinen Leben vorkommenden Erscheinungen, und mit vorbereitenden Andeutungen der in der Pharmacie und in der gesammten Arzneykunde, dann in den Künsten uud in der Landwirthschaft zu machenden Anwendungen vorgetragen wären, um denjenigen, welche schon Physik gehört haben, als eine nützliche und erweiternde Wiederhohlung, jenen aber, die noch ganz ohne Vorkenntnisse sind, als Anleitung zum Selbststudium dienen zu können. Mein Freund und ehemahliger Schüler, Herr Dr. Scholz, welcher während seiner vierjährigen Assistentenperiode an der hiesigen chemisch-botanischen Lehranstalt das genannte Bedürfniss mit mir gleich stark fühlte, und demselben gelegenheitlich

durch mündliche Belehrung zum Theil abzuhelfen strebte, hat diesen Forderungen in gegenwärtigem, auf meine vielfältige Ermunterung geschriebenem Buche zu entsprechen gesucht. Die Studierenden finden hier in möglichster Kürze alles zusammengetragen, was Beobachtung und Erfahrung über die allgemeinen Eigenschaften und das Verhalten der Körper unserer Sinnenwelt gesammelt, und was menschlicher Scharfsinn zu ihrer Erklärung und zur Erleichterung der Vorstellung über die Ursachen derselben bisher ausgedacht hat; dann ins Besondere die mit dieser Lehre in Verbindung stehenden Gesetze der chemischen Zusammensetzung, mit den vorzüglichsten Theorien, welche zum Begreiflichmachen derselben bisher erfunden worden sind, nebst einer noch in wenig Handbüchern vorkommenden Auseinandersetzung der von unsern berühmten Zeitgenossen *Berzelius* und *Dalton* aufgestellten Lehren über die bestimmten Quantitätsverhältnisse, unter welchen die Körper chemische Verbindungen eingehen. Eben so finden sich hier kurze aber vollständige Darstellungen alles dessen, was uns bisher über die Erscheinungen des Lichtes, der Wärme, der Elektricität, und Magneticität bekannt ist, nebst den vorzüglichsten Ansichten der neueren Naturforscher über

diese Phänomene. Die Beschreibung der Eigenschaften unserer Erdatmosphäre im Ganzen und in Beziehung auf ihre Bestandtheile, die Nachweisung ihres Einflusses und ihrer Mitwirkung nicht nur bey den meteorischen, sondern auch bey andern auf der Oberfläche der Erde vorgehenden Phänomenen nach den neuesten Beobachtungen und Theorien, macht den Beschluss. Jede Beziehung auf das gemeine Leben, auf die Pharmacie und auf andere chemische Künste, dann auf die Arzneykunde ist sorgfältig herausgehoben, so wie die nöthigen Apparate beschrieben, und viel Nützliches in bequemen Tafeln beygefügt. Die Tafeln zur Vergleichung der verschiedenen Masse und Gewichte müssen allgemein, die Anleitung zur Bestimmung des specifischen Gewichtes und zur Aräometrie aber, bey der neuesten Einrichtung der österreichischen Pharmakopoe, vorzüglich den Pharmaceuten willkommen seyn. Bey der Aufnahme einiger anderen Abhandlungen, welche auch, wie z. B. das Höhenmessen mit dem Barometer u. dgl., mit der Chemie nur in einer sehr entfernten Beziehung stehen, ist auf jenen Theil der Leser Rücksicht genommen worden, welche nach ihren Studienjahren in Gegenden versetzt werden, wo sie die einzigen Naturforscher sind, um sie in den Stand zu setzen, von dort her für

die physische Geographie überhaupt und ins Besondere für jene ihres Vaterlandes interessante Notizen zu liefern. Der gedrängte Vortrag macht dieses Buch geschickt, bey der Kürze eines Leitfadens für Vorlesungen, denjenigen, welche sich für das Studium der Chemie vorbereiten, zum vollständigen Selbstunterrichte dienen zu können; und diess um so mehr, da bey den wichtigern Gegenständen immer die Quellen angegeben sind, aus denen der Wissbegierige den ausführlichern Unterricht schöpfen kann. Die Anwendung der höheren Rechenkunst ist, ohne der Klarheit der Darstellung zu schaden, ganz vermieden worden: zwecklos wäre sie hier für die Uneingeweihten, da hingegen diejenigen, welche in dieser Wissenschaft hinlängliche Fortschritte gemacht haben, die Anwendungen derselben selbst zu finden im Stande sind. Übrigens erwarte ich, durch baldiges Wahrnehmen des wohlthätigen Einflusses dieser Arbeit auf die höhere Bildung meiner Zuhörer im grossen Gebiethe der Naturwissenschaft, die gute Absicht des Verfassers erreicht, und dadurch dessen Mühe belohnt zu sehen. Wien den 30ten October 1815.

Joseph Freyherr von Jacquin.

Inhaltsanzeige.

Seite.

Einleitung . . 1—7

A.

Wesen und Grundkräfte der Materie, dann damit in nächster Verbindung stehende Eigenschaften der Körper 8

A. Von der Bewegung 15

Beförderungsmittel der Bewegung 23

Von den einfachen Maschinen 23

Hindernisse der Bewegung 27

a. Reibung 27

b. Steifigkeit der Stricke 30

c. Widerstand des Mittels 30

B. Von der Anziehung 31

a. Anziehung in grösseren Abständen . . . 32

Schwere 32

Pendelbewegung 43

b. Anziehung in kleinsten Abständen . . . 47

1. *Von der Cohäsion oder homogenen Verwandtschaft* 52

Aggregatzustand der Körper 53

Krystallisation 73

2. *Von der heterogenen Verwandtschaft* 85

a. Zwischen grösseren Massen ohne Veränderung ihrer wechselseitigen Natur . . . 85

Capillarität 88

b. Von der heterogenen, die Natur der aufeinander wirkenden Stoffe verändernden oder chemischen Verwandtschaft 91

Wie verbinden sich heterogene Stoffe mit einander zu einem dem Scheine nach ganz gleichartigen Körper? . 92

Seite.
Bergmann's Verwandtschaftslehre 100
Berthollet's Verwandtschaftslehre 105
Vorschläge zur Bestimmung der Verwandtschaftsintensität 111
In welchem Verhältnisse verbinden sich ungleichartige Körper zu einem dem Scheine nach ganz gleichartigen Ganzen? 114
C. Von der Abstossung oder Repulsion. 125

Nachtrag. Von Massen und Gewichten . 126

1. Gesetzmässig bestimmtes Längenmass in den k. k. Erbstaaten . 129
2. Ausländisches Längenmass und einige im Inlande geduldete Provinziallängenmasse 129
3. Gesetzmässig bestimmtes Flächenmass in den österreichischen Staaten 130
4. Gesetzmässig bestimmtes Kubikmass 131
Hohlmass 133
5. Gesetzmässig bestimmtes Hohlmass in den k. k. Erbstaaten 134
6. In den österreichischen Staaten geduldete Provinzialhohlmasse 135
7. Ausländische Hohlmasse 136
Gewichte 141
8. In den k. k. Erbstaaten gesetzmässig bestimmte Gewichtssorten 141
9. Ausländische und einige im Inlande geduldete Gewichte 143
10. Vergleichung der Unzen und Grane des Apothekergewichts in den vorzüglichsten Ländern Europens . . 146
Wagen 147
Von dem specifischen Gewichte . . . 149
1. Methode das specifische Gewicht von Gasarten zu bestimmen 150
2. Methode, das specifische Gewicht von tropfbaren Körpern zu bestimmen 152
3. Methode, das specifische Gewicht fester Körper zu bestimmen 154
Aräometrie 157
Reductionstabelle der Beaume'schen Aräometergrade auf das specifische Gewicht 164
Tabelle über das specifische Gewicht einiger Körper . 165

Seite.

B.

Ätherische Stoffe 174

I.

Licht 175
Von dem zurückgeworfenen und gebrochenen Lichte . . 184
Farben 190
Vom Sehen 196
Vom Sehen mittelst Spiegel 205
Vom Sehen mittelst gebrochener Lichtstrahlen . . . 208
Von einigen optischen Instrumenten 212
Photometrie 218

II.

Wärme 219
Thermometer 224
Bewegung des Wärmestoffes 233
Specifischer Wärmestoff 239
Kälte 246
Veränderung des Aggregatzustandes durch Wärme . . 248
Quellen der Wärme 268

III.

Elektrizität 290
a. Von der durch Reibung erregten Elektrizität 291
Elektrisirmaschine 301
Elektrische Anziehung und Abstossung 305
Mittheilung der Elektrizität 311
Vertheilung der Elektrizität 315
Elektrophor 322
Kleistische Flasche 326
Condensator 332
Wirkungen der Elektrizität 333
b. Von der durch Berührung erregten oder galvanischen Elektrizität 337
Volta'sche Säule 343
Wirkungen der galvanischen Elektrizität 350
c. Von der durch chemische Veränderungen erregten, und von der atmosphärischen Elektrizität 363

Seite.
d. Von der thierischen Elektrizität 369
e. Von der durch Erwärmung erregten Elektrizität . . . 370

IV.

Magnetismus 372
a. Magnetische Anziehung und Abstossung 373
b. Direction des Magnetes 381
c. Mittheilung der Magnetizität 388

C.

Atmosphäre. 394

a. Physische Eigenschaften der Atmosphäre . . . 396
b. Physisch-mechanische Eigenschaften der Atmosphäre . 408
Elastizität 408
Gewicht 414
Saugwerke 419
Heber 422
Barometer 425
Höhenmessen mit dem Barometer . . . 437
Winde 445
c. Physisch-chemische Eigenschaften der Atmosphäre . 450
Eudiometrie 451
Kohlensaures Gas als Bestandtheil der Atmosphäre 460
Wasser als Bestandtheil der Atmosphäre . . 463
Hygrometrie 464
Miasmen 469
In welcher Verbindung stehen die Bestandtheile der Atmosphäre? 470
Verdünstungslehre 476
Tabelle über die Expansivkraft der Wasserdämpfe bey verschiedenen Temperaturen 486
Sachregister 489

ANFANGSGRÜNDE

DER

PHYSIK.

Einleitung.

1. Der Inbegriff aller durch die äusseren Sinne wahrnehmbaren Erscheinungen heisst die *Sinnenwelt*, die *materielle Welt* oder *die Natur*. *) Die äusseren Ursachen der Erscheinungen heissen Körper.

*) In materialer Bedeutung; denn in formaler Bedeutung heisst die Natur eines Dinges der innere Grund seiner Eigenschaften und Veränderungen. Z. B. Es liegt in der Natur der Säuren, frische, blaue Pflanzensäfte roth zu färben.

2. Der Mensch bemerkt bald den wichtigen Einfluss, den die äusseren Erscheinungen auf ihn selbst haben, von denen sein Daseyn, sowohl der Fortdauer als Beschaffenheit nach, grossen Theils abhängig ist. Es entsteht also der Wunsch, sie näher kennen zu lernen, um ihren unangenehmen Einflüssen ausweichen, die angenehmen hingegen herbeyführen und vervielfältigen zu können. Durch diese Veranlassung wird seine Wissbegierde gereitzt und während der Befriedigung bis zu dem uneigennützigsten Streben nach Wahrheit und Gewissheit gesteigert. In dem Besitze der dadurch erlangten Kenntnisse, deren Inbegriff man mit dem Nahmen *Naturkunde* bezeichnet, besteht die ächte, allenthalben anerkannte und geschätzte, von der conventionellen, fast bey jeder Nation anderen wohl, zu unterscheidende Bildung, und verbunden mit der Kenntniss sei-

ner selbst und mit seiner moralischen Veredlung die wahre Würde des Menschen.

3. Die Kenntnisse von den natürlichen Dingen waren anfangs blosse *Beobachtungen*, d. h., einzelne Wahrnehmungen, die durch Wiederholung und Vergleichung zu *Erfahrungen* erhoben wurden, durch derer Sammlung endlich die Naturkunde entstand, und bis jetzt noch immer bereichert wird. Jede nicht mit diesen Materialien versuchte, oder doch wenigstens darauf als auf ihrem Grunde ruhende Erweiterung der Naturkunde war und ist nur scheinbar.

Werden Körper durch absichtliches Zuthun des Beobachters in Verhältnisse gebracht, worin sie gewisse Eigenschaften äussern können, so heisst die Beobachtung ein *Versuch* oder *Experiment*.

4. Die Naturgegenstände lassen sich aber auf eine zweyfache Art betrachten: nämlich entweder *isolirt*, ohne auf ihr wechselseitiges Einwirken Rücksicht zu nehmen, bloss als coexistirende, unthätige Wesen; oder als thätige, sich wechselseitig verändernde und also in der engsten Verbindung stehende Dinge.

Werden die natürlichen Dinge als einzelne, für sich allein dastehende Objecte, isolirt, gleichsam im Zustande der Ruhe betrachtet, und bloss die äusseren Merkmahle aufgefasst, nach denen sie mit einander übereinkommen, oder durch welche sie sich von einander unterscheiden; so nennet man den Inbegriff solcher Kenntnisse von ihnen: *historische Naturkunde*, *Naturbeschreibung*, am gewöhnlichsten, wiewohl sehr uneigentlich *Naturgeschichte*.

Geschichte beschäftigt sich nicht mit dem Coexistirenden sondern mit dem Succedirenden. *Allgemeine Naturgeschichte* ist also eigentlich ein Erzählen der merkwürdigsten Veränderungen, die sich nach und nach in der Natur ereignet haben; *besondere Naturgeschichte* ein An-

führen der Veränderungen, welche einzelne Dinge erleiden mussten, ehe sie das wurden, als was sie sich jetzt dem Beobachter darstellen. Wie sehr unterscheidet sich z. B. die Beschreibung der Steinkohle von der Geschichte derselben?

Werden die Naturwesen aber als verbunden, als auf einander einwirkend betrachtet, werden die Ursachen untersucht, durch welche sie mit einander verbunden sind oder auf einander einwirken, werden die Veränderungen beobachtet, welche durch das wechselseitige Einwirken in ihnen hervorgehen: so beschäftigt man sich eigentlich wissenschaftlich mit der Natur, und der Inbegriff der Kenntnisse, die durch eine solche Betrachtung der Natur erlangt werden, heisst *wissenschaftliche Naturkunde*, *wissenschaftliche Kenntniss der Natur*, gewöhnlich *Naturlehre*.

5. Alle Wirkungen in der Sinnenwelt sammt den ihnen zum Grunde liegenden Ursachen gehören also in das Gebieth der Naturlehre.

Die letzte Ursache aller materiellen Wirkungen, auf die wir bisher zu dringen im Stande waren, ist *Bewegung*. Keine materielle Wirkung lässt sich ohne Bewegung denken. Da nun die Naturlehre die Ursache der Wirkungen erforscht, so musste sie nothwendig zuletzt immer auf Bewegung kommen, über welche hinaus weiter zu schreiten, ohne sich in Träumereyen zu verlieren, ihr unmöglich war. Da also Bewegung der Grenzstein war, an dem alle Forscher in ihren Bestrebungen aufgehalten wurden, so ist sie von allen Seiten sehr genau betrachtet und ihre geringsten Verschiedenheiten sind aufgefasst worden. Auf diese Art entdeckte man, dass einige Bewegungen deutlich mit den äusseren Sinnen wahrnehmbar sind; andere hingegen in so kleinen Räumen geschehen, dass wir sie mit den äusseren Sinnen noch nie haben wahrnehmen können, sondern bloss aus ihren Folgen auf sie schliessen. Auf diesem Unter-

schiede der Bewegung gründet sich jener von Physik und Chemie.

Die Wissenschaft, welche diejenigen Veränderungen in der Natur umfasst, die mit sinnlich wahrnehmbarer Bewegung verbunden sind, heisst *Physik.* Der Nahme Physik bezeichnet demnach die wissenschaftliche Erkenntniss von den Eigenschaften und Veränderungen der Körper als Resultaten sinnlich wahrnehmbarer Bewegung.

Die Wissenschaft, welche sich mit denjenigen Veränderungen in der Natur beschäftigt, die Erfolge innerer, durch die äusseren Sinne nicht unmittelbar wahrnehmbarer Bewegung sind, bey denen auf die vorhergegangene Bewegung nur aus ihren Folgen geschlossen werden kann, heisst *Chemie.* 1) Dieser Nahme bezeichnet daher die wissenschaftliche Erkenntniss von den Ursachen innerer Veränderungen der Naturgegenstände bey nicht unmittelbar wahrnehmbarer Bewegung. Da durch diese inneren Veränderungen das Wesen der Körper verändert werden, und eine Varietät der Materie (wie Davy sich ausdruckt) in die andere übergehen muss, so kann man die Chemie auch einen Inbegriff der Kenntnisse von denjenigen Eigenschaften der Körper nennen, die sich nur durch Veränderung des Wesens derselben wahrnehmen lassen. Da ferner, der Erfahrung zu Folge, nur spezifisch verschiedene Dinge durch das gegenseitige Einwirken mittelst der unmerklichen Bewegung solche wesentliche Veränderungen hervorzubringen im Stande sind, indem sie sich nämlich entweder wechselseitig durchdringen und zu einem homogenen Ganzen vereinigen, oder sich gegenseitig aus einer schon bestehenden Verbindung absondern: so muss sich die Chemie mit diesen specifisch verschiedenen Stoffen selbst, mit den daraus entstehenden

Zusammensetzungen und mit den Ursachen der Verbindungen und Trennungen beschäftigen; sie muss zeigen wie durch Mischung oder Zusammensetzung, wie durch Entmischung oder Zerlegung oder wie durch die Veränderung der Mischungstheile neue Körper gebildet werden. Desswegen wird die Chemie auch mit dem Nahmen *Mischungskunde* oder *Scheidekunst* belegt, wovon aber jeder nur einen Theil ihres Wirkungskreises bezeichnet. 2)

1) Der Nahme Physik kömmt von dem griechischen Worte Physis, die Natur (dieses wieder von φοω, nascor, entstehen) und ist also mit Naturlehre in der weitesten Bedeutung oder noch besser mit Naturkunde richtig übersetzt. Schwieriger ist die Herleitung des Wortes Chemie. Einige Etymologen leiten es von der biblischen Benennung des Landes, wohin sie den Ursprung der Chemie verlegen, nähmlich von Egypten her, welches in der Schrift terra *Chami* heisst. Andere sagen, Chemie habe ursprünglich das Schwarze im Auge bedeutet, sey dann figürlich zur Bezeichnung des Geheimen und Verborgenen, also auch der Chemie gebraucht worden, welche man für die Wissenschaft von den geheimen Kräften der Natur und besonders für die Kunst, edle Metalle zu machen hielt. Aus Chemie ist dann bey den Arabern durch den ihrer Sprache eigenen Vorlaut Al die Benennung Alchemie entstanden.

2) Örstedt nennet sehr passend die Physik *Bewegungs-*, die Chemie *Kraftlehre.* Auch wenn man sagt, Physik erkläre jene Wirkungen und bestimme ihre Gesetze, wobey die Körper ausser einander sind und bleiben; Chemie aber beschäftige sich mit der Darstellung und Erklärung jener Veränderungen, wobey ausser einander befindliche Körper sich durchdringen und durch das Ineinander übergehen eine neue Materie bilden, gibt man keine von der obigen wesentlich verschiedene Definition.

Überhaupt ist es sehr schwer, durch ganz adäquate und präcise Definitionen eine genaue Grenze zwischen Physik und Chemie zu ziehen. Auch von der gegebenen scheint die der Physik etwas zu eng zu seyn. Ja es wäre auch nicht räthlich, diese zwey Wissenschaften im Vortrage sehr streng zu trennen: denn die Chemie, deren gründliches Studium überhaupt

schon physikalische Kenntnisse voraussetzt, muss öfters zur Begründung ihrer Lehren einzelne Sätze aus der Physik entlehnen; und wie wenige Naturphänomene liessen sich in der Physik erklären, wenn man sich aller chemischen Grundsätze enthalten wollte? Aus dieser und noch andern Ursachen genehmigt und vindizirt jede der zwey Wissenschaften das verjährte Recht der gegenseitigen Gebiethsverletzung.

6. Alle Naturgegenstände gehören zwey grossen, von einander sehr verschiedenen Reichen an; sie sind Individuen entweder der organischen oder der anorgischen Natur. Erstere sind des Lebens in engerer Bedeutung fähig, und während desselben steht ihre Wirkungsweise unter dessen höherem Einflusse. Die Erscheinungen des Lebens und die Gesetze, nach welchen alle Veränderungen in lebenden Organismen erfolgen, machen das Gebieth einer eigenen Wissenschaft, der *Physiologie*, aus.

7. Die Benennung *Wissenschaft*, womit bisher die Physik und Chemie bezeichnet worden ist, verdienen diese zwey Lehren nur dann, wenn man ein systematisches Ganzes der Erkenntniss, in welchem die einzelnen Theile wie Gründe und Folgen zusammenhängen, für Wissenschaft gelten lassen will. Wenn man aber dazu noch fordert, dass die Principien apodiktisch gewiss seyen: so kömmt der Physik und Chemie, deren Principien und Gesetze bloss empirisch sind, das Bewusstseyn ihrer Nothwendigkeit also nicht mit sich führen (nicht apodiktisch gewiss sind) der Nahme Wissenschaft in dieser strengen Bedeutung eben so wenig als allen andern Erfahrungslehren zu. Wenn also der Nahme Wissenschaft der Physik und Chemie noch beygelegt wird, so geschieht es in jener weiteren Bedeutung einer systematischen Kunst.

8. Die Naturkunde in ihrer Vollendung schwebt uns bis jetzt nur als Ideal vor. Die Physik könnte dann

vollkommen genannt werden, wenn sie alle Naturerscheinungen auf Gesetze zurückführen könnte, die den Forderungen eines unbefangenen Verstandes entsprächen, und wenn sie deren Ableitung aus einer gemeinschaftlichen Quelle ungezwungen darzuthun vermöchte; in welchem Falle sie auch aus den gegenwärtigen Erscheinungen künftige, wie nothwendige Folgen vorher zu sagen im Stande seyn würde.

Die Chemie ist dann vollendet, wenn sie alle einfachen Stoffe, alle ihre mannigfaltigen Zusammensetzungen, die Eigenschaften beyder, endlich die Ursachen aller Verbindungen und Trennungen anzugeben im Stande ist. Auf ihrem jetzigen Standpuncte sind aber beyde Wissenschaften noch weit von diesem Ziele der Vollendung entfernt, obschon sie (vorzüglich die Chemie) seit einem halben Jahrhunderte erstaunenswerthe Fortschritte gemacht haben.

A.

Wesen und Grundkräfte der Materie, dann damit in nächster Verbindung stehende Eigenschaften der Körper.

9. Dasjenige, was einen Raum erfüllt, wird Materie, und ein mit Materie erfüllter Raum wird ein Körper genannt.

10. Wie erfüllt aber die Materie den Raum? In Beantwortung dieser Frage weichen die Philosophen sehr von einander ab. Zwey Ansichten sind die herrschenden; die der Atomisten und die der Dynamisten.

Die *Atomisten* schliessen so: Alle durch unsere äusseren Sinne wahrnehmbare Materie ist theilbar; und wenn auch wegen der unvermeidlichen Unvollkommenheit der Instrumente und der Sinne die Theilung in der Wirklichkeit nicht bis über einen gewissen Grad fortgesetzt werden kann, so lässt sie sich doch noch in Gedanken weiter verfolgen. Dessen ungeachtet aber geht diese Theilung nicht bis ins Unendliche an. Der Begriff von Zusammensetzung ist immer nur relativ und führt nothwendig auf den des Einfachen; denn wenn man in Gedanken die Zusammensetzung aufhebt, so würde, wofern nicht das Einfache übrig bliebe, gar nichts übrig bleiben; und dieses ist doch undenkbar. Das, was also bey der Aufhebung aller Zusammensetzung übrig bleibt, ist das *absolut Einfache*, welches sie mit dem Nahmen *Atom* bezeichnen. Diese Atome stellen sie sich

als äusserst kleine, feste, harte, schwere, undurchdringliche, träge, bewegliche, weiter gar nicht mehr zerlegbare Theilchen vor. Wenn sich diese in gewissen Entfernungen mit einander verbinden, so stellen sie die verschiedenen Körper dar, die also alle eine Anhäufung von Atomen und leeren Zwischenräumen sind; wesswegen auch der Atomist Porosität als eine wesentliche Eigenschaft jeder Materie annehmen muss. Der Atom selbst ist absolut undurchdringlich; denn in ihm, dem absolut Einfachen liegt nichts, was weichen oder auf einen kleineren Raum beschränkt werden könnte; wenn sich Körper zusammendrücken lassen, so geschieht diess nur durch Verengerung der leeren Zwischenräume und durch das Näherrücken der Atome. Die Materie erfüllt also (nach dieser Ansicht) ihren Raum durch ihre blosse Existenz, durch ihr träges Daseyn. Der Atom ist nicht nur die Grenze der physischen oder mathematischen, sondern auch der chemischen Theilung, weil vermög der absoluten Undurchdringlichkeit Atome nur nebeneinander und nicht in einander gedacht werden können.

Von dem Verhältnisse der Atome — des absolut Vollen — zu den leeren Zwischenräumen in einem Körper hängt auch der verschiedene Grad ihrer Dichtigkeit ab. — Allein nun ist noch die Frage zu beantworten: Woher kömmt es, dass sich die Atome mit einander wirklich verbinden, und wie können denn dieselben so verschiedenartige Körper bilden? — Da der Atom das absolut Einfache ist, so muss er ohne Ausdehnung gedacht werden, in dem Extensiven z. B. Figur, Grösse u. dgl. kann also der Grund der specifischen Verschiedenheit der Materie nicht gesucht werden. Es bleibt also nur das Intensive übrig, und dieses kann nur in seinen Kräften bestehen. Wenn also der Atomist aus seinen Atomen Körper bilden will, muss er sie mit Kräften ausstatten, und zwar nothwendig mit zwey Kräften: mit *anziehenden*, damit sich die Atome einander nähern und nicht im

ganzen Weltraume zerstieben, mit *abstossenden*, damit sie nicht in einen Punct zusammenfliessen, — denn selbst die grösste Zahl von Atomen ohne alle Ausdehnung würde für sich keinen ausgedehnten Körper hervorzubringen im Stande seyn, — sondern damit in dem Raume, den die Materie erfüllt, das nöthige Verhältniss zwischen Atomen und leeren Zwischenräumen Statt finde. In dem verschiedenen Verhältnisse der anziehenden zu der anstossenden Kraft in den Atomen finden die Atomisten den Grund nicht nur der verschiedenen Dichtigkeit, sondern auch aller übrigen verschiedenen Bestimmungen, also des spezifischen Unterschiedes der Materie.

Die Atomistik hat verschiedene Modificationen erlitten. So geben einige Atomistiker ihren Atomen eine Ausdehnung, die aber so gering ist, dass es Priestley nicht unmöglich findet, die Atome, woraus das gange Weltgebäude besteht, in eine Nussschale einzuschliessen. Andere nehmen an, gleichartige Atome stossen sich ab, ungleichartige ziehen sich an. Andere stellen sich vor, einige Atome ziehen sich an, andere stossen sich ab, ohne einen Grund dieser Verschiedenheit anzugeben, den noch andere in dem Abstande finden, so dass die Atome in grösseren Abständen anziehend, in kleineren abstossend wirken u. s. f.

Der *Dynamist* sagt: Die Materie nimmt ihren Raum nicht durch ihre blosse Existenz ein, sondern sie erfüllt ihn durch bewegende Kräfte. Wenn z. B. der Körper A in den Raum eindringen will, welchen der Körper B inne hat, so kann er dieses nur durch eine Bewegung, wodurch er sich dem Körper B nähert. Der Körper B kann nun das Eindringen des Körpers A nur dadurch hindern, dass er dessen Bewegung Widerstand leistet; dieses kann er aber nur durch eine Bewegung in entgegengesetzter Richtung thun, wodurch er den Körper A von dem weitern Annähern abhält; eine solche Kraft nennen wir eine *abstossende:* folglich erfüllt — vertheidigt — die Materie ihren Raum durch die abstossende

Kraft. Auf diesem Erfüllen des Raums durch abstossende Kraft beruht die Undurchdringlichkeit der Materie, welche immer als ihr wesentlichstes Merkmahl angenommen worden ist. Diese abstossende Kraft kann wohl durch eine andere ihr entgegenwirkende Kraft auf einen kleinern Raum beschränkt, und also die Materie als solche — und nicht bloss die leeren Zwischenräume — zusammengedrückt werden; allein da die abstossende Kraft wie jede andere in dem Verhältnisse zunimmt, als die Sphäre ihrer Wirksamkeit verengt wird, so wächst auch in diesem Verhältnisse der Widerstand, den sie der zusammendrückenden Kraft leistet. Wenn der Raum unendlich klein würde, so würde der Widerstand unendlich gross, also von keiner endlichen Kraft zu überwinden. Es kann also kein Theil der Materie d. h., der Raum ihrer Ausdehnung, die Sphäre, in der die Kräfte wirken, durch Zusammendrücken ganz aufgehoben werden. Diese *mechanische* Undurchdringlichkeit (Impenetrabilitas) ist aber von der chemischen (Impermeabilitas) sehr verschieden. Von der letzteren gilt bey weiten nicht das, was eben von der erstern gesagt wurde. Denn ein Körper kann sehr wohl von einem andern chemisch durchdrungen werden. Wir sehen diess bey der Auflösung, wo zwey verschiedene Stoffe sich so mit einander verbinden, dass kein Theil des einen angetroffen wird, der nicht mit einem Theile des andern in derselben Proportion wie das Ganze verbunden wäre. Dieses ist nur möglich, wenn jeder der zwey Körper denselben Raum ganz einnimmt, und dieses wieder nur dann, wenn sie denselben nicht auseinander, sondern in einander erfüllen, in welchem Falle wir die Materien durchdrungen heissen. Hiebey wird, wie man sieht, die Ausdehnung keines Körpers aufgehoben, sondern nach der Auflösung nehmen sie bloss, statt ausser einander, ineinander (durch Intussusception) einen der Summe ihrer Dichtigkeit gemässen Raum ein.

Wie in der Mechanik zwey Bewegungen aus verschiedener Richtung in eine von beyden verschiedene dritte (diagonale) zusammenfliessen, so scheinen die Kräfte zweyer sich auflösender Körper zusammenzufliessen und einen dritten von beyden verschiedenen darzustellen. Chemische Permeabilität ist also nach der dynamischen Ansicht eine Eigenschaft der Materie.

Obschon aber die Repulsionskraft den Grund der Undurchdringlichkeit der Materie enthält; so ist sie doch allein zur Construction der Materie nicht hinreichend. Denn da diese Kraft, obschon sie in umgekehrtem Verhältnisse mit der Ausdehnung schwächer wird, doch nirgends ganz aufhört; so würde die Materie, wenn sie dieser Kraft allein folgte, innerhalb keiner Grenzen der Ausdehnung gehalten seyn, sich also ins Unendliche zerstreuen, so dass in keinem anzugebenden Raume eine anzugebende Quantität Materie anzutreffen, also eigentlich alle Räume leer oder gar keine Materie da seyn würde. Die Repulsivkraft muss also durch eine entgegengesetzt wirkende, also durch eine zusammen- oder *anziehende* beschränkt werden. Zur Erzeugung von Materie gehört also nebst der abstossenden auch nothwendig eine anziehende Kraft, die sich wechselseitig beschränken; denn auch durch blosse anziehende Kraft ist keine Materie möglich, weil die Theile derselben, wenn sie dieser Kraft allein folgten, sich so lange nähern würden, bis sie in einem mathematischen Puncte zusammenfliessen, und also den Raum wieder leer, d. h., ohne alle Materie lassen würden. Anziehungs- und Zurückstossungskraft gehören also zum Wesen der Materie, und Körper existiren durch ein gewisses Gleichgewicht dieser Kräfte.

Da die Materie den Raum durch bewegende Kräfte erfüllt, diese aber nach allen Seiten und continuirlich wirken, keine leeren Zwischenräume lassen, wo sie nicht wirken, so erfüllt die Materie den Raum *stettig*

und muss folglich eben so theilbar seyn wie der Raum selbst: nun ist der Raum ins Unendliche theilbar (d. h. seine Theile können ins Unendliche unterschieden, wenn auch nicht bewegt, folglich auch nicht getrennt werden), es muss also auch die Materie ins Unendliche theilbar seyn, d. h. bey noch so lange fortgesetzter Theilung kömmt man auf keine einfachen Theile.

Durch ihre Kräfte erfüllt die Materie den Raum wohl ganz und stettig, allein sie kann ihn doch nach der Stärke und dem Verhältnisse dieser Kräfte in verschiedenem Grade erfüllen. Eine Wage ist eben so gut im Gleichgewichte, wenn in jeder Schale ein Gran, als wenn in jeder ein Centner liegt. Darauf beruht die verschiedene Dichtigkeit der Materie. 1) Aus dem verschiedenen Verhältnisse dieser zwey Grundkräfte erkläret der Dynamist auch — freylich auf eine nicht ganz befriedigende Art, doch wenigstens eben so bündig als der Atomist — den specifischen Unterschied der Materie. 2)

1) Der Raum, den ein Körper durch seine bewegende Kräfte erfüllt, heisst sein *Umfang*, *Volumen*, oder seine *Ausdehnung*. Die Grenzen dieser Ausdehnung bestimmen seine *Figur*; die in diesem Umfange enthaltene Menge von Materie, seine *Masse*; das Verhältniss endlich der Masse eines Körpers zu seinem Umfange seine *Dichtigkeit*.

2) Die Dynamistik findet man vollständig entwickelt in „J. Kant's methaphysischen Aufangsgründen der Naturwissenschaft. Riga, 1787." Doch ist auch diese Lehre mannigfaltig modificirt worden So nennet z. B. Örsted die beyden Grundkräfte wegen ihrer vorzüglichen Thätigkeit beym Verbrennungsprocesse, Zündkraft und Brennkraft, und nimmt an, dass jede für sich expansiv, beyde gegenseitig aber contractiv wirken. *Örsted's Ansicht der chemischen Naturgesetze*. Berlin 1812.

§. 11. Wenn man die beyden Ansichten der Natur vergleicht; so findet man, dass die Atomistik zur Erklärung der Entstehung der Materie eigent-

lich schon Materie annimmt; denn was sind wohl sonst ihre mit anziehender und abstossender Kraft begabten Atome? Dann sind die Grundpfeiler der Korpuskularphilosophie: Atome, leere Räume, absolute Undurchdringlichkeit der ersteren, Erfüllen des Raumes durch blosse Existenz, nur willkürliche Annahmen, die der Phantasie ein zu grosses Feld einräumen.

Die Dynamistik, welche die Materie ihren Raum durch Kräfte erfüllen lässt, verwickelt sich nicht in jenen Zirkel und bleibt sich überhaupt consequenter. Wenn auch jene unter den Mathematikern noch immer Vertheidiger findet, so spricht diese dafür den Chemisten mehr an, indem er nach dieser die in seinem Fache vorkommenden Erscheinungen leichter erkläret. Der Chemist sieht z. B. dass die Theile zweyer Körper nach der Auflösung sich nicht neben einander, sondern in einander befinden. Es hat also eine chemische Durchdringung Statt gefunden; diese ist nur dann denkbar, wenn die Materie ins Unendliche theilbar ist; ins Unendliche theilbar kann sie nur dann seyn, wenn sie ihren Raum mit Stettigkeit erfüllt; den Raum stettig erfüllen kann sie nicht durch ihre blosse Existenz, sondern nur durch bewegende Kräfte.

12. Man mag sich nun aber zu einem oder dem andern Systeme bekennen, so sieht man, dass auf die anziehende und abstossende Kraft in beyden das meiste, in der Dynamistik sogar alles gebaut ist. Diese zwey Kräfte sind also entweder die Materie selbst, oder doch ihre wesentlichsten Grundeigenschaften. Sie müssen also näher betrachtet werden. Zuerst soll von Bewegung im Allgemeinen, dann von der Anziehung, endlich von der Zurückstossung insbesondere gehandelt werden.

Bey der Behandlung der Gegenstände in diesem Werke ist die dynamische Ansicht zum Grunde gelegt. Wenn daher auch manchmahl von kleinsten Theilen der

Körper die Rede ist, so sind darunter nicht Atome zu verstehen. Man bedient sich dieses Ausdrucks, weil es zu gewissen Erklärungen nothwendig ist, sich die Körper in sehr kleine Theile getheilt zu denken; so wie der Mathematiker sich die Linie manchmahl aus kleinen Punkten, Flächen aus Linien und Körper aus sehr feinen Schichten oder Flächen bestehend vorstellt, obschon dieses unmöglich wäre, wenn er diese drey Ausdrücke in der strengsten Bedeutung nähme.

A.

Von der Bewegung.

13. Jeden Körper müssen wir uns im Raume vorstellen. Den unbegränzten, grossen Raum, indem wir uns alle Körper denken müssen, heissen wir den *absoluten Raum.* Ein in gewisse Grenzen eingeschlossener Theil des absoluten Raums heisst *relativer Raum.* Unser Sonnensystem, unsere Erde, das Billardbrett, das Zifferblatt der Uhr sind relative Räume. Der Theil des Raumes, den ein Körper erfüllt, heisst sein *Ort*; und so lange er an demselben Orte bleibt *ruht* er.

14. In *Bewegung* ist ein Ding, wenn es seinen Ort entweder als Ganzes betrachtet verändert, oder wenn ihn einzelne Theile von ihm verändern. *)

Eine fort gestossene Kugel verändert ihren Ort als Ganzes. Eine um ihre Achse gedrehte Kugel kann mit ihrer Achse an demselben Orte bleiben, nur die von der Achse entfernten Theile verändern ihren Ort. Die Ortsveränderung im absoluten Raume heisst *absolute Bewegung*. Da diese kein Gegenstand der äusseren Sinne seyn kann, so liegt sie ausser dem Felde unserer Wahrnehmung. Verändert aber ein Körper im relativen Raume

*) Nach Kant: „Veränderung der äusseren Verhältnisse eines Dinges zu einem gegebenen Raume."

seinen Ort, so muss er sich seinen (des relativen Raumes) Grenzen entweder nähern oder sich davon entfernen. Diese *relative Bewegung* lässt sich also wohl wahrnehmen. Eben so gibt es eine *absolute* und *relative Ruhe.* Man nennet häufig Bewegung oder Ruhe in einem grösseren Raume in Vergleich mit Bewegung oder Ruhe in einem kleineren Raume, schon absolut.

Ein Körper kann relativ (in einem kleinern Raume) ruhen und absolut (im Verhältnisse zu einem grössern Raume) sich bewegen. Z. B. Ein in einem segelnden Schiffe ruhig sitzender Mensch, ein Mensch, der sich schaukeln lässt; alle ruhenden Erdbewohner werden mit grosser Schnelligkeit bewegt, indem sich die Erde um die Achse und um die Sonne dreht. Auch relative Bewegung bey absoluter Ruhe ist möglich. Z. B. Wenn ein Mensch vom Vordertheile des Schiffes zum Hintertheile mit derselben Geschwindigkeit geht, mit welcher sich das ganze Schiff vorwärts bewegt.

15. Auf unsere Sinne macht es den nähmlichen Eindruck, ob ein Körper sich in einem gewissen Raume beweget oder ob der Körper ruhet, und dieser Raum sich in entgegengesetzter Richtung beweget. Daher die Täuschung, deren wir erst durch andere Gründe Meister werden können, dass das Ufer sich vom Schiffe, nicht dieses sich von jenem entferne, dass die Sonne sich um die Erde bewege u. d. gl. Man pflegt daher auch *wirkliche* und *scheinbare* Bewegung zu unterscheiden.

16. Die bey jeder Bewegung nothwendigen Bedingungen sind die *Richtung* und die *Geschwindigkeit.* Wenn die Richtung durch die ganze Dauer der Bewegung dieselbe bleibt, so beschreibt der bewegte Körper eine *gerade* Linie; wird aber die Richtung während der Bewegung geändert, so stellt der zurückgelegte Weg eine krumme Linie vor. Wenn die krumme Linie, welche der Körper nicht in entgegengesetzter, jedoch nach demselben Gesetze veränderter Richtung

durchläuft, wieder in sich selbst zurückkehrt, so heisst die Bewegung *circulirend* oder *Kreisbewegung* z. B. die Bewegung der Planeten um die Sonne. Legt ein Körpe- wiederhohlt denselben Raum, aber wechselweise in entgegengesetzter Richtung zurück, so nennt man die Bewegung *schwankend* oder *oscillirend* z. B. die Bewegung eines Pendels. Mit der letzten ist die *bebende* Bewegung z. B. einer geschlagenen Glocke, nahe verwandt.

17. Die *Geschwindigkeit* wird nach dem Verhältnisse des Raumes, den ein Körper durchläuft, zur Zeit, die er dazu braucht, geschätzet. Derjenige Körper, der in kurzer Zeit einen grossen Raum zurücklegt, bewegt sich geschwinder als derjenige, der in langer Zeit einen kleinen Raum beschreibt. Wenn die Zeiten gleich sind, so verhalten sich die Geschwindigkeiten gerade wie die Räume. Wenn das Pferd A in einer Stunde 12,000 Klaftern, das Pferd B auch in einer Stunde nur 9000 Klaftern weit läuft, so verhält sich die Geschwindigkeit des Pferdes A zu der des Pferdes B wie 12 : 9 oder 4 : 3. Sind die Räume gleich, so verhalten sich die Geschwindigkeiten umgekehrt wie die Zeiten. Ein Wagen macht den Weg von Wien nach Laxenburg in 60 Minuten, ein Schlitten in 45 Minuten: so verhält sich die Geschwindigkeit des Schlittens zu der des Wagens wie 60 : 45 oder wie 4 : 3. Wenn Räume und Zeiten ungleich sind, so erhält man die Geschwindigkeiten, wenn man die Räume durch die Zeiten dividirt. Wenn bey einem Wettrennen der Schimmel 1024 Fuss in 8 Minuten, der Rappe hingegen 960 Fuss in 10 Minuten durchläuft; so verhält sich die Geschwindigkeit des ersteren zu der des letzteren wie 128 : 96 oder wie 4 : 3. Die Räume, welche die bewegten Körper durchlaufen, verhalten sich, wie die Producte aus den Zeiten in die Geschwindigkeiten. Gehen zwey Menschen mit ungleichem Schritte eine gleich lange Zeit, so kömmt der geschwindere weiter; gehen sie mit gleichem Schritte,

aber mit ungleicher Dauer, so kömmt der länger aushaltende weiter.

Zur Bezeichnung des Raumes, den ein bewegter Körper zurücklegt, bedienen wir uns, weil es dabey bloss auf die Länge ankömmt, der Linien.

18. Will man die Wirkung bestimmen, welche ein Körper durch seine Bewegung auf andere Körper auszuüben im Stande ist; so sieht man leicht ein, dass sich diese einmahl nach der Geschwindigkeit richten muss, dann aber auch nach der Menge der mit dieser Geschwindigkeit wirkenden Materie, also nach der Masse des bewegten Körpers. Die *Grösse der Bewegung* (so nennet man das Wirkungsvermögen eines bewegten Körpers) ist also gleich dem Producte aus der Geschwindigkeit in die Masse. Sind die Massen gleich, so richtet sich die Grösse der Bewegung nach der Geschwindigkeit: eine aus einer Kanone geschossene Kugel wird heftiger gegen eine Mauer wirken, als eine bloss mit der Hand geworfene. Sind die Geschwindigkeiten gleich, so steht die Grösse der Bewegung mit der Masse im geraden Verhältnisse: eine 24pfündige Kugel erschüttert eine Mauer heftiger, als eine 3pfündige, wenn sie auch mit gleicher Geschwindigkeit geschossen werden. Wenn Massen und Geschwindigkeiten ungleich sind, so verhält sich die Grösse der Bewegung eines Körpers zu der des andern wie das Product aus der Geschwindigkeit jedes Körpers in seine Masse. Eine 3pfündige Kugel bewegt sich mit einer Geschwindigkeit, dass sie in einer Secunde 12 Klaftern zurücklegt; eine 6pfündige Kugel trifft eine Mauer mit einer Geschwindigkeit, vermög welcher sie in einer Secunde nur 5 Klaftern zurücklegt. Die Wirkung der 3pfündigen Kugel wird sich zu jener der 6pfündigen verhalten wie $3 \times 12 = 36 : 6 \times 5 = 30$, also wie 6 : 5.

Der Grad der Wirkung, welchen verschiedene Körper bey einerley Geschwindigkeit auszuüben im Stande sind, ist das einzige Mittel, ihre Masse zu bestimmen. Darauf beruht auch eigentlich die Theorie des Wägens, wie weiter unten erhellen wird.

19. In der Physik wird die Materie bloss als leblos betrachtet. Leblose Dinge sind keiner inneren Bestimmungen fähig, d. h. sie denken nicht, haben keine Gefühle der Lust oder Unlust, begehren und verabscheuen nicht. In diesen kann folglich nicht die Ursache der Veränderungen liegen, welche die Körper erleiden. Es müssen also — da keine Wirkung ohne Ursache seyn kann — alle Veränderungen der Materie eine äussere Ursache haben. Nun sind aber der Uebergang aus der Ruhe in Bewegung oder umgekehrt, dann die Aenderung der Richtung oder der Geschwindigkeit in der Bewegung wirkliche Veränderungen des Zustandes der Körper: sie können also nur durch äussere Ursachen bewirkt werden. Daraus folgt:

1. Ein ruhender Körper ruht so lange, bis ihn eine äussere Ursache oder Kraft in Bewegung setzt.

2. Ein Körper, der sich einmahl in Bewegung befindet, bewegt sich immer fort mit derselben Geschwindigkeit und in derselben Richtung, bis er durch äussere Ursachen in Ruhe versetzt, oder zur Aenderung seiner Richtung oder Geschwindigkeit genöthiget wird.

Diese Eigenschaft der Materie, ihren Zustand nicht zu ändern, ohne durch äussere Ursachen dazu gezwungen zu seyn, nennt man die *Trägheit*, besser das *Beharrungsvermögen* derselben.

20. Die Mittheilung der Bewegung, geschieht durch die zwey Kräfte, die jeder Körper auch in der Ruhe besitzt; nähmlich durch die anziehende und abstossende Kraft. Wenn z. B. der Körper A sich mit einer gewissen Geschwindigkeit gegen den ruhenden Körper B beweget, so kömmt A endlich in die

Sphäre der abstossenden Kraft von B. Die zwey Körper A und B stossen sich also wechselseitig ab und suchen sich von einander zu entfernen. Der Körper B kann diess nur thun, wenn er sich in derselben Richtung bewegt, in welcher sich A bewegte. Der Körper A entfernt sich von B, wenn er zurückbleibt, oder sich langsamer bewegt. A verliert also von seiner ursprünglichen Bewegung so viel, als der Körper B gewonnen hat, und da er an Masse nichts verlieren kann, erleidet er diesen Verlust an seiner Geschwindigkeit. Nach der Mittheilung ist die Quantität der Bewegung des Körpers A und B zusammengenommen, der Grösse der Bewegung des Körpers A allein vor der Mittheilung gleich. Das was in diesem Beyspiele von der Repulsivkraft gesagt worden ist, lässt sich sehr leicht auf die Attractivkraft übertragen. Daraus folgt das Gesetz, dass *bey jeder Mittheilung der Bewegung Wirkung und Gegenwirkung gleich sind.* Diese Gegenwirkung verursacht z. B. den Schmerz in der Hand, mit der wir gegen stark widerstehende Gegenstände stossen oder schlagen.

21. Jede Veränderung in der Körperwelt muss eben so in einer gewissen Zeit geschehen, als sie nur in einem gewissen Raume geschehen kann. Es braucht also auch die Mittheilung der Bewegung einige Zeit. In keinem Körper wird der Zustand der Ruhe oder der Bewegung, die Geschwindigkeit oder die Richtung z. B. durch einen Stoss, auf einmahl — in einem Augenblicke — verändert; sondern nur in einer gewissen Zeit, durch eine unendliche Reihe von Zwischenzuständen. Nach diesem *Gesetze der Stätigkeit* (lex continui) kömmt ein Körper durch Widerstand nicht auf einmahl, sondern durch allmählige Verminderung der Geschwindigkeit zur Ruhe; und er kann einen ruhenden Körper nicht auf einmahl, sondern nur durch stufenweises Ertheilen der Geschwindigket in Bewegung setzen. Nach diesem zum Theil aus der Eigenschaft der

Trägheit fliessenden Gesetze kann man erklären, warum das in der Höhlung eines sehr festen Körpers befindliche Schiesspulver, wenn es, nur wenige Zoll hoch mit Sand bedeckt, angezündet wird, eher den Körper sprengt, als den Sand herauswirft; warum die Hand schmerzt, die man mit grosser Geschwindigkeit gegen eine Wasserfläche schlägt; warum starke Menschen, die einen Ambos auf der Brust nur zu ertragen im Stande sind, auch darauf hämmern lassen können; warum eine Kugel aus der Flinte geschossen, ein freystehendes Blatt Papier durchfährt, mit der Hand geworfen, aber nur umbiegt u. dgl. m.

22. Wenn die Ursache, wodurch ein Körper in Bewegung gesetzt wird, nach einiger Zeit zu wirken aufhört; so bewegt sich der Körper nach dem Gesetze der Trägheit mit der zuletzt erhaltenen Geschwindigkeit in einem fort: dieses nennet man eine *gleichförmige Bewegung*, mittelst welcher in gleichen Zeiten immer gleiche Räume zurückgelegt werden. Fährt aber die bewegende Kraft durch die ganze Zeit der Bewegung mit gleicher Stärke auf den Körper zu wirken fort; so entsteht daraus eine *gleichförmig zunehmende Bewegung*. Wenn aber auf den bewegten Körper eine seiner Bewegung entgegengesetzte Kraft durch die ganze Dauer der Bewegung mit gleicher Stärke wirkt, so entsteht dadurch eine *gleichförmig abnehmende Bewegung*. Bey der letzten nehmen die Räume, welche in gleichen Zeiten zurückgelegt werden, ab und bey der vorletzten zu, wie die Quadrate der Zeiten wachsen. Diese zwey Arten von Bewegung sieht man in den Phänomenen der Schwere realisirt. Wirkt die beschleunigende Kraft, oder das verzögernde Hinderniss nicht immer mit gleicher Stärke, so bewirken sie eine *ungleichförmig beschleunigte* oder *verzögerte Bewegung* z. B. Wenn man einen Stein über einen mit mancherley Unebenheiten besetzten Berg herabrollen lässt.

23. Wenn entweder eine einzelne Kraft, oder mehrere Kräfte jedoch in derselben oder in gerade entgegengesetzter Richtung einem Körper die Bewegung ertheilen, so heisst diese *einfach*. Wenn aber mehrere Kräfte so auf den Körper wirken, dass ihre Richtung einen Winkel macht, so heisst die Bewegung *zusammengesetzt*. Wenn in dem letzten Falle alle Kräfte nach einem gleichen Gesetze z. B. alle entweder gleichförmig, oder gleichförmig beschleunigend wirken, so folgt der Körper der Richtung jeder einzelnen Kraft so viel möglich, und er beschreibt eine von der Richtung jeder einzelnen Kraft verschiedene gerade Linie, die der Diagonalen in einem Parallelogramme gleich ist, wozu die Richtung der Linien nach der Richtung der Kräfte und ihre Länge nach der Stärke derselben bestimmt wird. Würde (Fig. 1.) der Körper C von der Kraft A C allein in Bewegung gesetzt, so würde er sich nach D von der Kraft B C allein getroffen nach E bewegen; von beyden zu gleicher Zeit angetrieben, bewegt er sich nach der Diagonale C F. — Wirken die beyden Kräfte nicht nach Einem Gesetze, z. B. die eine gleichförmig, die andere beschleunigend, so beschreibt der Körper eine krumme Linie, wie wir diess bey einem horizontal geworfenen Körper sehen werden. Umgekehrt muss man schliessen, dass jede krummlinige Bewegung, z. B. die Kreisbewegung der Planeten, der Erfolg von wenigstens zwey, nach verschiedenen Gesetzen wirkenden Kräften ist. Aus diesem Gesetze, welches die zusammengesetzte Bewegung befolgt, kann man sich erklären, warum ein vom Mastbaume eines schnell segelnden Schiffes herabfallender Körper wieder am Fusse des Mastbaumes niederfällt; warum die Kunstreiter, die von dem Sattel eines schnell laufenden Pferdes in die Höhe springen, gerade wieder auf den Sattel zu stehen kommen; warum man aus einem schnellfahrenden Wagen viel leichter nach vorn als nach hinten abspringt u. dgl. m.

Sind die entgegengesetzten Kräfte gleich, so erfolgt Ruhe Z. B. wenn von zwey gleich starken Pferden den Wagen das eine vorwärts, das andere rückwärts zieht. Sind die entgegengesetzten Kräfte ungleich, so bewegt sich der Körper nach der Richtung der grösseren, aber nur mit einer Geschwindigkeit, die ihrem Ueberschusse (der Differenz) an Wirksamkeit gleich ist.

Beförderungsmittel der Bewegung.

Von den einfachen Maschinen.

24. Unter die vorzüglichsten Beförderungsmittel der Bewegung, wodurch also eine Bewegung leichter — mit weniger Kraft —, geschwinder oder wenigstens bequemer bewirkt wird, gehören die 6 sogenannten einfachen Maschinen, nähmlich der Hebel, die Rolle, das Rad an der Welle, die schiefe Fläche, die Schraube, der Keil, die sich alle auf den Hebel und die schiefe Fläche zurückführen lassen.

25. Ein mathematisch einfacher Hebel ist eine gerade, an einem Puncte — Ruhepunct, Aufhängpunct, Hypomochlion — unterstützte Linie. In der Anwendung sind es gerade Stangen. Es gibt auch krumme Hebel, unter welchen der *Winkelhebel* am häufigsten z.B. bey unseren Glockenzügen, im Gebrauche ist. Beym Hebel müssen, wie bey jeder Maschine, zwey Potenzen wirksam gedacht werden, wovon die eine — die *Last* — von der andern — der *Kraft* — überwunden werden sell, und derer Grösse nach Gewichten bestimmt wird. — Je nachdem am Hebel der Ruhepunct zwischen der Kraft und der Last, oder an einem Ende des Hebels liegt, heisst der Hebel *zwey-* oder *einarmig*. Liegt an einem zweyarmigen Hebel der Ruhepunct gerade in der Mitte zwischen Kraft und Last, so heisst er *gleicharmig*, sonst *ungleicharmig*. Jeder Schlagbaum stellt einen ungleicharmigen, jeder

Wagbalken einer Schalwage einen gleicharmigen Hebel vor. Bey dem einarmigen Hebel kann die Last zwischen dem Ruhepunct und der Kraft liegen, dann ist es ein *einarmiger Hebel der ersten Art — Trag- oder Druckhebel* — z. B. das an einem Ende befestigte Schneidmesser, ein Limonienpresser oder eine Weinpresse, ein Ruder u. dgl. Liegt aber die Kraft zwischen dem Ruhepuncte und der Last, so ist es ein *einarmiger Hebel der zweyten Art — Wurfhebel* —, mittelst dessen z. B. die Bewegung eines Dreschflegels, einer Schleuder, unserer Gliedmassen u. dgl. geschieht.

26. Bey dem Hebel verhält sich Kraft zur Last, wie der Abstand der Kraft vom Ruhepunct zum Abstande der Last von demselben Puncte. Wenn Kraft und Last gleichweit vom Ruhepuncte liegen, so gehört z. B. ein Pfund Kraft dazu, um einem Pfunde Last das Gleichgewicht zu halten. Ist aber der Abstand der Kraft noch einmahl so gross, so kann man mit einem Pfunde Kraft 2 Pfunden Last das Gleichgewicht halten. Uebertrifft der Abstand der Kraft jenen der Last hundert Mahl, so hält jene einer hundertfachen Last, also Ein Pfund hundert Pfunden das Gleichgewicht. Was aber an Kraft gewonnen wird, geht immer an Geschwindigkeit verloren, und so umgekehrt. Weil bey dem einarmigen Hebel der ersten Art die Kraft immer weiter vom Ruhepunct entfernt wirkt als die Last, so gewinnt man wohl an Kraft, die Bewegung geschieht aber um so langsamer. Bey dem einarmigen Hebel der zweyten Art verliert man wohl an Kraft, wird aber durch eine grosse der Last ertheilte Geschwindigkeit entschädigt, auf die es doch in vielen Fällen z. B. bey einer Schleuder u. dgl. am meisten ankömmt.

27. Die *Rolle*, — eine um ihre Achse bewegliche, in einem mit der Achse beweglichen Kloben eingeschlossene Scheibe, mit einer ausgehöhlten Peripherie zur Aufnahme des Strickes, — ist entweder mittelst des Klobens

selbst befestigt, oder sie ist beweglich und es hängt an dem Kloben die Last. Im ersten Falle heisst sie eine *feste Rolle*, im zweyten eine *bewegliche* oder *Zugrolle*. Die erste (Fig. 2.) ist als ein System von gleicharmigen Hebeln anzusehen; man gewinnt also nichts an Kraft, und sie wird bloss angewendet, dieser eine bequemere Richtung zu geben. Die letztere (Fig 3.) stellt ein System von einarmigen Hebeln der ersten Art vor, derer Länge der Durchmesser der Rolle ist. An einem Ende des Durchmessers liegt immer die Kraft, an dem andern der Ruhepunct, in der Mitte die Last. Es hält also an dieser Rolle die Kraft immer einer doppelten Last das Gleichgewicht. Im *Flaschenzuge* ist die Wirkung mehrerer Rollen vereinigt.

28. *Das Rad an der Welle* ist jedes an einem Cylinder, der auf zwey, durch Verlängerung seiner Achse entstandenen Zapfen ruht und um diese beweglich ist, befestigte Rad. Steht diese Maschine wagrecht, so heisst sie ein *Haspel*, senkrecht eine *Winde*. Ersteren sehen wir häufig bey Brunnen, Bergwerken u. dgl. angebracht; letztere bey Pferdemühlen, zum Hinaufziehen von Lasten auf hohe Gebäude u. dgl. Beym Rade an der Welle verhält sich die Kraft zur Last, wie die Peripherie des Rades zur Peripherie des Cylinders. — Nach demselben Gesetze richtet sich auch die Wirkung der Räder, die vorzüglich bey zusammengesetzten Maschinen sehr häufig vorkommen.

Statt des Rades sind häufig nur die Speichen vorhanden.

29. An einer *schiefen Fläche* (Fig. 4.) unterscheidet man die Basis A B, die Höhe B C und die Länge A C. Wenn die Kraft mit der Länge gleichlaufend wirkt, z. B. beym Hinaufziehen eines Fasses über den sogenannten Schrottbaum, so verhält sich Kraft zur Last im Gleichgewichte wie die Höhe der schiefen Fläche zur Länge. Wenn der Schrottbaum also fünf Mahl so lang als hoch ist, so hält die Kraft einer fünffachen Last das Gleichgewicht; oder Ein Mensch

ist im Stande ein Fass über denselben zu bewegen, welches nur von 5 Menschen senkrecht aufgehoben werden könnte. Daher kömmt es, dass die Pferde bergauf desto mehr zu ziehen haben, je steiler der Berg ist, d. h. je beträchtlicher die Höhe zur Länge des Weges ist. Wirkt die Kraft gleichlaufend mit der Basis, z. B. wenn man mit einem Schieb karren bergauf fährt; so verhält sich Kraft zur Last, wie die Höhe der schiefen Fläche zur Basis.

30. Die *Schraube* und der *Keil* sind eigentlich bloss schiefe Flächen. An der Schraube stellt der Umfang die Basis, ein Schraubengang die Länge und die Entfernung zweyer Schraubengänge die Höhe der schiefen Fläche vor. Es verhält sich also an der Schraube im Gleichgewichte Kraft zur Last, da die Kraft gleichlaufend mit der Basis wirkt, wie die Entfernung zweyer Schraubengänge zum Umfange der Schraubenspindel. — Der Keil stellt zwey mit der Basis verbundene schiefe Ebenen vor. Es verhält sich an ihm Kraft zur Last, wie die halbe (nach andern wie die ganze) Breite des Rükkens (der Basis) zur Länge des Keils.

31. Durch zweckmässige Verbindung dieser einfachen Maschinen entstehen alle *zusammengesetzten* z. B. Uhren, Mühlen u. d. gl. Mittelst dieser kann man freylich oft durch eine mässige Kraft ausserordentliche Wirkungen hervorbringen; allein dieses hat jedoch auch seine Gränzen. Denn erstens geht immer an Geschwindigkeit, folglich an Zeit verloren, was an Kraft gewonnen wird. Wenn sich also auch eine Maschine ersinnen liesse, mittelst welcher ein Kind eine tausendjährige Eiche ausreissen könnte; so würde es über dieser Arbeit wahrscheinlich zum Greise werden. Dann setzet auch die Gebrechlichkeit der zu den Maschinen gebrauchten Materialien ihrer Wirksamkeit Gränzen. Dieze zwey Bedenklichkeiten könnte man Archimeds »da mihi punc-

tum extra terram, et terram movebo," entgegen setzen. Von einer dritten Schwierigkeit wird gleich die Rede seyn.

Hindernisse der Bewegung.

a. Reibung.

32. Wir kennen keinen vollkommen glatten, festen Körper; jeder ist an seiner Oberfläche mehr oder weniger rauh d. h. es wechseln an ihr Erhabenheiten mit Vertiefungen. An einigen Körpern bemerkt man diese schon mit freyem Auge oder durch das Gefühl, und diese werden von allen Menschen rauh geheissen. An andern Körpern offenbaren sich diese Unebenheiten der Oberfläche dem unbewaffneten Auge nicht mehr und sind auch dem Gefühle nicht mehr anstössig, allein sie kommen unter guten Vergrösserungsgläsern zum Vorscheine. Die glattesten Körper, die wir kennen, sind unsere Glasspiegel. Wenn man auf einem solchen Spiegel mit Taufstein einen Strich macht, so reibt sich etwas von dem Taufsteine ab, welches nicht geschehen könnte, wenn der Spiegel absolut glatt wäre. Wenn man den gefärbten Strich mit einem trockenen Tuche abwischt, so verschwindet er, kömmt aber beym Anhauchen wieder zum Vorschein und beweiset dadurch, dass auch Spiegelflächen Vertiefungen haben, in die sie andere Körper aufnehmen können.

33. Wenn zwey Körper durch ihr Gewicht oder durch andere Kräfte an einander gedrückt werden, so müssen die Erhabenheiten des einen sich nothwendig immer in die Vertiefungen des andern senken. Sollen dann diese zwey Körper an einander bewegt werden; so müssen die Erhabenheiten erst aus den Vertiefungen gehoben, oder abgebrochen oder wenigstens umgebogen werden. Die bewegende Kraft hat also auch

diese Hindernisse der Bewegung, die man die *Reibung* nennet, zu überwinden.

34. Die Reibung muss desto grösser seyn, je rauher die sich reibenden Oberflächen der Körper sind; sie steht aber mit der Grösse der sich reibenden Flächen nicht im Verhältnisse, ausser wenn die Flächen sehr rauh sind, oder wenn der Zusammenhang der als Schmiere gebrauchten Substanz — z. B. bey geschmierten Wagenachsen — oder auch die Cohäsion derselben — z. B. zwischen Metallplatten — die Reibung vermehrt. Gewiss ist es, dass die Reibung mit dem Gewichte oder mit der Kraft, durch welche Körper aneinander gedrückt werden, zunimmt. Durch viele Versuche hat man gefunden, dass die Kraft, die bey mässig glatten Körpern zur Ueberwindung der Reibung erfordert wird, dem dritten Theile des Gewichts des bewegten Körpers — der Last — gleich ist. Bey sehr glatten Körpern vermindert sich dieser Widerstand unter $\frac{1}{4}$ der Last.

35. Obschon die Reibung nie ganz vermieden werden kann, so gibt es doch Mittel, sie zu vermindern:

1. Durch Glätten der sich reibenden Oberflächen, welches öfters durch eine längere Dauer der Bewegung selbst geschieht.

2. Durch Verstopfung der Vertiefungen mittelst anderer Körper. Desswegen schmieren wir die Maschinen mit Oehl, Fett, Graphit, auch mit blossem Wasser.

3. Die Erfahrung lehrt, dass die Reibung zwischen verschiedenartigen Körpern geringer als zwischen gleichartigen ist. So reibt sich Holz an Holz, Metall an Metall stärker, als Holz an Metall.

4. Man suche die schleifende — gleitende — Bewegung in eine rollende zu verwandeln, weil bey dieser die in einander greifenden Erhabenheiten sich leichter entwickeln können. Auch die Berührungsfläche suche man so viel, als möglich, zu verkleinern. Desswegen legt man schwer zu bewegenden Lasten Kugeln oder

Walzen unter; desswegen sind die Zapfen, mittelst derer der Wagbalken aufliegt, nicht rund, sondern schneidend, und desswegen drehen sich Räder mit dünnen Zapfen leichter.

5. Das Gewicht der Maschine sey nicht grösser, als es zur Festigkeit nothwendig ist.

6. Man lasse die zur Ueberwindung der Reibung bestimmten Kräfte auf das Vortheilhafteste wirken, welches dadurch geschieht, dass man ihnen von der Achse, um welche die Bewegung geschieht, die möglichst grösste Entfernung gibt. Darum führen sich Wägen leichter, wenn sie grosse, als wenn sie kleine Räder haben. Eben diesen Zweck haben die sogenannten *Reibungs-* oder *Frictionsräder*.

36. Ungeachtet man die Reibung an Maschinen meistens sehr ungern wahrnimmt und daher durch alle mögliche Mittel zu beseitigen sucht; so sind gewisse, sehr gemeine und nützliche Verrichtungen doch wieder nur durch sie möglich. Ohne Reibung könnten wir nichts zusammennageln oder schrauben, nichts mit der Hand halten, keinen haltbaren Knoten schürzen. In der Leinwand wie in jedem andern Gewebe halten die Fäden, in den Filzen die Haare, nur durch die Reibung aneinander. Wie gefährlich selbst auf Ebenen unser Gang ohne alle Reibung wäre, können wir daraus schliessen, weil er schon auf dem Eise und andern glatten Körpern, wo doch die Reibung nur etwas geringer als gewöhnlich und bey weitem noch nicht ganz aufgehoben ist, so unsicher wird. Bergauf oder bergab könnten wir ohne Reibung schon gar nicht gehen. Wer auf dem Gipfel eines auch nicht sonderlich steilen Berges fiele, würde bis ins Thal, oder, wenn kein anderer höherer Berg dazwischen wäre, bis ins Meer gleiten.

b. Steifigkeit der Stricke.

37. Die Unbiegsamkeit oder Steifigkeit der Stricke, derer man sich bey sehr vielen Maschinen bedienen muss, ist ein zweytes Hinderniss der Bewegung. Dieses Hinderniss wird um so grösser, je dicker die Stricke, je mehr sie gedreht sind, und je mehr sie gebogen werden müssen, je kleiner z. B. der Durchmesser der Rolle, oder der Welle ist, um die sie gewunden werden.

c. Widerstand des Mittels.

38. Die meisten Bewegungen geschehen in der atmosphärischen Luft. Diese muss also von dem bewegten Körper immer getheilt und auf die Seite geschoben werden. Die Kraft, die er dazu verwenden muss, geht an seiner eigenen Bewegung verloren. Dieser Widerstand steht in geradem Verhältnisse: 1. mit der Fläche, mit welcher der bewegte Körper zertheilend auf das Mittel wirkt. Ein Bret wird leichter schnell bewegt, wenn man die Luft oder das Wasser damit schneidet, als wenn man diese zwey Mittel mit der breiten Fläche desselben zertheilt. 2. Mit der Dichtigkeit und Zähigkeit des Mittels. Darum hört ein Pendel im Wasser früher als in der Luft, und im Syrup früher als im Wasser zu schwingen auf. 3. Mit dem Quadrate der Geschwindigkeit. Ein mit zweyfacher Geschwindigkeit bewegter Körper erleidet vier Mahl so viel Widerstand als ein mit einfacher Geschwindigkeit bewegter. Bey ausserordentlich grossen Geschwindigkeiten verliert dieses Gesetz seine Richtigkeit. Eine 4 pfündige Kanonenkugel macht, nach Vega, in der Luft nur 6,437 Schuh, da sie im luftleeren Raume einen Weg von 23,226 Schuh zurück gelegt hätte.

39. Auch dieses Hinderniss der Bewegung gewährt auf einer andern Seite viele Vortheile. Auf ihm beruht

das Schwimmen, Rudern, das Fliegen der Vögel, die Bewegung der Wind- und vieler Wassermühlen, das Segeln der Schiffe. Ihm verdanken wir es, dass der Regen und Schnee nicht alles niederschlägt u. dgl. m.

B.

Von der Anziehung.

40. Anziehung hat erstens zwischen den grossen Welt- oder Totalkörpern Statt; denn nur mit Beyhülfe der Anziehung sind die kreisförmigen Bewegungen derselben erklärbar. Diese Anziehung heisst man *Gravitation.* — Dann zieht jeder solche Weltkörper seine Theile an. So werden alle irdischen Körper von dem Erdballe gegen seinen Mittelpunkt angezogen, dass sie sich nicht ohne eine beträchtliche entgegenwirkende Kraft von demselben entfernen können, und gleich wieder zu demselben zurückkehren, wenn die entgegenwirkende Kraft aufgehoben worden ist. Auf dieser Anziehung beruhen die Phänomene der *Schwere.* — Ferner ziehen sich aber auch einzelne kleine Theile der Erde — und wahrscheinlich jedes andern Totalkörpers — wechselseitig an. Wenn z. B. zwey Bleycylinder mit ihren glattgeschabten Grundflächen genau aneinander gedrückt werden, so hängen sie so fest aneinander, dass man sie nur mit Mühe trennen kann. Dasselbe findet zwischen zwey polirten Marmor- oder Glasplatten Statt. Geriebenes Siegellack zieht leichte Körper, der Magnet das Eisen auf sehr merkliche Entfernungen an. — Endlich ist die Anziehung auch zwischen den kleinsten Theilen der Körper in unmerklichen Entfernungen wirksam. Denn wir finden die Materie meistens in grösseren Massen; ihre Theile werden also durch Anziehung zusammengehalten und zwar öfters so fest, dass eine grosse Kraft zu ihrer Trennung erfordert wird. Was gehört z. B. für

eine Gewalt dazu, einen Feuerstein zu zerschlagen? Die Anziehung hat also sowohl zwischen grossen, ja den grössten Körpern Statt, und da sind die Entfernungen, auf welche sie sich erstrekt, nicht allein wahrnehmbar, sondern zum Theil auch ungeheuer gross; als auch zwischen den kleinsten Theilchen der Körper, die sich in unmerklichen Entfernungen befinden.

a. Anziehung in grösseren Abständen.

41. Die Anziehung in grösseren Abständen äussert sich auf unserer Erde in drey verschiedenen Modificationen. Erstens kennen wir die Anziehung des Erdballs gegen seine Theile, die sich immer und unter allen Umständen zeiget, daher man sie unter dem Nahmen *Schwere* für eine inhärirende Eigenschaft der Materie hält. — Dann können die meisten Körper durch eine künstliche Behandlung, wodurch sie elektrisch werden, in den Zustand versetzet werden, dass sie andere Körper in merklicher Entfernung anziehen. Die Ursache dieser Anziehung nennet man *Elektricität*. — Endlich findet man ein Eisenerz, welches, ohne alle künstliche Behandlung, Eisen, reinen Kobalt und Nickel in beträchtlichen Entfernungen mit bedeutender Kraft anzieht, und durch schickliches Verfahren diesen 3 Metallen dieselbe Eigenschaft mittheilt. Diese Art von Anziehung, die nach unsern bisherigen Erfahrungen sich nur zwischen vier Körpern äussert, schreibt man dem *Magnetismus* zu. — Von den zwey letzteren wird in besondern Abschnitten gehandelt werden; hier ist bloss der Ort von der Schwere, als allgemeiner Eigenschaft jeder Materie zu handeln.

1. Von der Schwere.

42. Unter Schwere (gravitas) verstehen wir das Be-

streben, welches alle irdischen Körper äussern, sich gegen den Mittelpunkt der Erde zu bewegen. Dieses Bestreben gibt sich durch eine unzählige Menge der gemeinsten Erscheinungen zu erkennen. Alle Körper können nur durch eine der Schwere entgegenwirkende Kraft von der Erde entfernt werden, und fallen wieder gegen die Erde herab, wenn die entfernende Kraft, durch das fortwährende Widerstreben der Schwere überwältigt, zu wirken aufhört; oder sie drücken auf den unterstützenden Gegenstand, der die fortwirkende Gegenkraft vorstellet, durch die sie am Fallen verhindert werden.

Die sogenannte *negative Schwere*, welche vormahls einige Naturforscher gewissen hypothetischen Stoffen z. B. dem Phlogiston beylegen wollten, wäre also ein Bestreben sich vom Mittelpunkte der Erde zu entfernen. — Von den sogenannten Incoërcebilien kennen wir die Schwere auch nicht; allein, nebst dem, dass ihre Materialität noch sehr zweifelhaft ist, scheinen sie nicht der Erde allein, sondern dem Universum anzugehören.

Die Richtung des Fadens, an dem ein schwerer Körper frey aufgehängt wird, gibt die Direction an, in welcher der Korper zu fallen strebt, und diese Linie muss verlängert durch den Mittelpunkt der Erde gehen. Sie heisst daher die *Verticallinie* und steht senkrecht auf der *Horizontalebene* (z. B. einer Wasserfläche). Darauf beruht die Einrichtung der *Bley-* oder *Lothwage.*

43. Es werden nicht allein alle irdischen Körper von der Erde gegen ihren Mittelpunkt angezogen, sondern sie werden auch alle *gleich stark* angezogen; nähern sich ihr also, wenn sie von derselben entfernt worden sind, und kein Hinderniss obwaltet, mit gleicher Geschwindigkeit: *alle Körper fallen gleich schnell.* Ein gleiches Stück Gold und Papier im luftleeren Raume, von derselben Höhe, in dem nähmlichen Augenblicke fallen gelassen, erreichen zu gleicher Zeit den Boden. In der Luft fallen die Körper nicht gleich schnell, weil die dichte-

ren den Widerstand einer im Verhältnisse zu ihrer Masse geringeren Menge Luft zu überwinden haben, als die lockerern (§. 38.). Unter diesen Umständen muss also das Gold schneller fallen als das Papier. Ein Weg wird nicht früher zurückgelegt, wenn zehn Menschen mit einander gehen, als wenn einer allein geht: wenn aber ein Widerstand zu überwinden z. B. ein Wagen fortzuschieben ist, so können die zehn Menschen früher damit ankommen, als der einzelne.

44. Die Körper sind nur in gleichen Entfernungen vom Mittelpunkte der Erde gleich schwer. Die Schwere eines Körpers nimmt ab, wenn er sich vom Mittelpunkte der Erde entfernt; sie nimmt zu, wenn er sich demselben nähert. Das Abnehmen der Schwere bemerkt man schon auf hohen Bergen durch das Langsamerwerden der Pendelschwingungen (wovon weiter unten mehr.) Am Aequator sind die Körper weniger schwer — fallen langsamer — als an den Polen, wegen der Figur des Erdballs. Durch vielfältige Beobachtungen und Berechnungen hat man gefunden, dass die Schwere — so wie die Gravitation — abnimmt, wie die Quadrate der Entfernungen zunehmen. In Wien — 48° 12′ nördl. Breite — fällt ein Körper an der Oberfläche der Erde in einer Secunde 15,51612 Schuh. In jener Entfernung, in welcher sich der Mond befindet, also 60 Erdhalbmesser von der Erde entfernt, ist die Schwere um $60 \times 60 = 3600$ Mahl geringer, und ein Körper fällt dort erst in einer Minute so weit, als bey uns in einer Secunde. Die Schwere steht ohne Zweifel auch im geraden Verhältnisse mit der Masse der Erde; würde diese plötzlich verdoppelt, so würden auch alle Körper noch einmahl so schwer, so dass sie bey uns in einer Secunde 31,03224 Schuhe fallen würden.

45. Ohne eben Atomist zu seyn, kann man sich doch jeden Körper als aus sehr vielen kleinen Theilchen bestehend vorstellen. Da nun jedes solche Theil-

chen von der Erde angezogen wird, so muss die Wirkung, welche alle Theile eines Körpers durch die von der Schwere erhaltene Geschwindigkeit hervorbringen, mit der Zahl dieser Theilchen im Verhältnisse stehen. Die Wirkung welche ein Körper durch die Zahl seiner schweren Theilchen, worin seine Masse besteht, hervorbringt, heisst sein *Gewicht* — pondus. — Das Gewicht eines Körpers ist also das Product seiner Masse in die Geschwindigkeit, d. h. in die Schwere. Da die Geschwindigkeit nun an demselben Orte in allen Körpern gleich ist, so richtet sich das Gewicht bloss nach der Masse. Gewicht unterscheidet sich von Schwere eben so, wie Grösse der Bewegung von Geschwindigkeit (§. 18.). Die Grade der Schwere werden bloss durch die Geschwindigkeiten gemessen: darum sagen wir, dass die Körper an den Polen schwerer sind als am Aequator, weil sie dort schneller, hier langsamer fallen, ohne auf die Menge der fallenden Theile die geringste Rücksicht zu nehmen. Das Gewicht eines Körpers aber wird bestimmt durch den Grad des Druckes, den er auf den unterstützenden Gegenstand ausübet, oder durch die Gegenkraft, die man anwenden muss, um einen Körper vom Fallen abzuhalten oder ihn zu unterstützen, welche sich nicht allein nach der Geschwindigkeit, sondern auch nach der Menge der mit dieser Geschwindigkeit begabten Theile richten muss.

46. In den frühesten Zeiten mag diese Gegenkraft wohl nur die Muskelkraft gewesen seyn: man nannte jene Körper schwerer — gewichtiger —, welche aufzuheben oder in der Höhe zu halten viel Anstrengung erforderte; leichter diejenigen, welche ohne viel Aufwand von Muskelkraft in die Höhe gehoben und so gehalten werden konnten. So sieht man auch noch heut zu Tage Menschen solche Gegenstände, bey denen es auf Genauigkeit nicht ankömmt, bloss mit den Händen wägen. Genauer und leichter lässt sich aber diess mittelst Vorrich-

tungen thun, durch die man einen Körper leicht in die Lage zu fallen bringen, durch welche man aber diess Fallen durch genau bestimmte Gegenkräfte eben so leicht verhindern kann. Diese Vorrichtungen heissen *Wagen*, und die genau bestimmten Gegenkräfte *Gewichte*. Davon später ausführlicher.

47. Das Gewicht eines Körpers, welches ohne Berücksichtigung seiner Ausdehnung — seines Volumens bestimmt worden ist, heist das *absolute Gewicht* und ist also mit der Masse eines und dasselbe.

Im strengsten Sinne läst sich das absolute Gewicht nur im luftleeren Raume bestimmen, denn in der Luft verlieren lockere Körper mehr von ihrem Gewichte, als dichtere.

48. Nimmt man aber bey der Bestimmung des Gewichtes zugleich auf die Ausdehnung des Körpers Rücksicht; so sagt man, nach einem allgemein angenommenen Sprachgebrauche, dass jener Körper schwerer sey, der bey einem kleinen Umfange ein grosses, jener hingegen leichter, der bey einem grossen Volumen ein kleines Gewicht zeigt. Das im Verhältnisse zur Ausdehnung bestimmte Gewicht nennet man das *specifische Gewicht*, und hält es mit der *Dichtigkeit* für identisch. Man erhält das specifische Gewicht eines Körpers im Quotienten, wenn man sein absolutes Gewicht durch seine Ausdehnung dividirt; so wie man die Geschwindigkeit erhält, wenn man den Raum durch die Zeit dividirt (§. 17.). Bey gleicher Ausdehnung mehrerer Körper verhält sich ihr specifisches Gewicht gerade wie ihr absolutes, bey gleichem absoluten Gewichte umgekehrt wie die Ausdehnungen. — Man nennet das specifische Gewicht im gemeinen Leben gewöhnlich specifiche Schwere, aber sehr uneigentlich; denn diese könnte nur dann Statt finden, wenn nicht alle Körper mit gleicher Kraft von der Erde angezogen würden, also mit ungleicher Geschwindigkeit fielen.

Die mit Berücksichtigung des absoluten Gewichts eines Körpers bestimmte Ausdehnung könnte man dessen specifische Ausdehnung heissen.

§. 49. In jedem Körper gibt es einen und zwar nur Einen Punkt, bey dessen Unterstützung der ganze Körper unterstützt ist So kann man z. B. einen Teller auf die Spitze eines Messers fest stellen. Dieser Punkt heisst der *Schwerpunkt*, und in ihm kann man sich die ganze Masse des Körpers vereinigt vorstellen. Sobald der Schwerpunkt eines Körpers nicht unterstützt ist, so fällt er. Unterstützt ist der Schwerpunkt, wenn die senkrechte, durch den Schwerpunkt gezogene Linie — die Directionslinie — auch durch die Unterstützungsfläche geht. Bey einem Thurm z. B. ist die Fläche, auf der er mit seiner Basis steht, die Unterstützung; so lange die senkrechte, durch seinen Schwerpunkt gezogene Linie noch auf diese Fläche fällt, steht er fest; sobald aber der Thurm so weit überhängt, dass diese Linie schon ausser jene Fläche fällt, so stürzt er zusammen. Desswegen kann eine Kugel nur auf einer horizontalen Ebene ruhen. — Je grösser daher die Unterstützungsfläche ist, desto fester steht ein Körper; desswegen steht ein Kegel oder eine Pyramide fester als ein Cylinder.

So lange ein Mensch frey aufrecht stehen will, muss die senkrechte durch seinen Schwerpunkt — der ziemlich tief im Unterleibe liegt — gezogene Linie auf die von seinen zwey Füssen eingeschlossene Fläche fallen. Desswegen stellen die Menschen die Füsse auseinander, wenn sie fest stehen, oder sich vor dem Fallen sichern wollen. Weil diese Fläche nach der Seite zu grösser ist, als von hinten nach vorne, so fallen auch die Menschen meistens rückwärts oder vorwärts, selten nach der Seite. Wegen dieser Unterstützung des Schwerpunktes müssen sich Schwangere beym Gehen zurück, die etwas auf dem Rücken Tragende vorwärts, und diejenigen, die etwas auf der einen Seite tragen, auf die entgegengesetzte Seite biegen. Beym Gehen neigen wir den Körper auf die rechte Seite, wenn wir den linken Fuss heben, auf die linke Seite, wenn wir mit dem rechten Fusse vorwärts

schreiten, weil der Schwerpunkt des ganzen Körpers von dem ruhenden Fusse allein unterstützt werden muss. Desswegen stossen sich Menschen, die enge beysammengehend, die gleichnahmigen Füsse nicht zugleich heben; daher hat man es für nothwendig gefunden, die Soldaten zu gewöhnen, mit demselben Fusse aus und in demselben Schritte fortzumarschieren. Beym Laufen biegt man den Körper so weit vorwärts, dass man beständig fallen würde, wenn man nicht durch das Vorsetzen des Fusses geschwind noch zu Hülfe käme; desswegen kann man auch im Laufen nicht plötzlich inne halten. In der Fertigkeit, die Directionslinie selbst auf einer sehr kleinen Fläche zu behalten, oder sie gleich wieder auf dieselbe zu versetzen, beruht der grösste Theil der Kunststücke der Seiltänzer, Balanzirer u. d. gl.

50. Wenn ein Körper von einer gewissen Höhe fällt, so wirkt die Schwere durch die ganze Zeit des Fallens mit gleicher Stärke auf ihn; folglich (§. 25.) muss seine Bewegung eine gleichförmig zunehmende seyn. Bey dieser Art von Bewegung nehmen die Räume, welche in gleichen Zeiten beschrieben werden, — also die Geschwindigkeiten zu, wie die ungraden Zahlen 1. 3. 5. 7. 9. u. s. f. Es fällt also ein Körper in der 2ten Sec. 3 Mahl, in der 3ten Sec. 5 Mahl, in der 4ten Sec. 7 Mahl so weit — d. h. so geschwind — als in der ersten. Wenn er also in der ersten Secunde 15, 5 Schuhe fällt, so fällt er in der zweyten 15, 5 × 3 = 46, 5 Schuh, in der dritten 15, 5 × 5 = 75, 5 Schuh, in der vierten 15, 5 × 7 = 108, 5 Sch. u. s. f. Man kann also die Geschwindigkeit, die ein fallender Körper nach einer gewissen Zeit erlangt hat, finden, wenn man die Zahl der Secunden doppelt nimmt, dann eine Einheit abzieht, und diese Zahl mit der Geschwindigkeit in der ersten Secunde — bey uns 15, 5 Schuh — multiplicirt. In der 60sten Secunde, also zu Ende der ersten Minute, hat ein Körper eine Geschwindigkeit mit der er 1844, 5 F. in einer Secunde zurücklegt. — Da die Geschwindigkeit beym Fallen so schnell wächst, und die Grösse der Bewegung das Product aus der Masse in die Geschwindigkeit ist,

so wird es begreiflich, wie die durch den Fall eines Körpers hervorgebrachte Wirkung mit der Zunahme der Höhe, von der er fällt, so sehr vermehrt wird. — Die Räume, welche durch eine solche Bewegung beschrieben werden, müssen sich verhalten, wie die Quadrate der Zeiten. Fällt also ein Körper in einer Secunde 15′ so fällt er in 2 Secunden $2 \times 2 = 4 \times 15 = 60'$, in 3 Secunden $3 \times 3 = 9 \times 15 = 135'$ in 60 Secunden, also in einer Minute $60 \times 60 = 3600 \times 15 = 54000'$ u. s. f.

51. Wenn ein Körper mit irgend einer Gewalt senkrecht herabgeworfen wird, so muss zu der Geschwindigkeit, die er durch die Schwere erhält, noch jene hinzu gerechnet werden, die er durch die werfende Kraft erhalten hat. — Wird aber ein Körper senkrecht in die Höhe geworfen, so wirkt zwar die Schwere auch unaufhörlich auf ihn, allein der Wurfbestimmung gerade entgegen. Die Geschwindigkeit des in die Höhesteigens nimmt also in eben demselben Verhältnisse ab, wie die Geschwindigkeit des Herabfallens zunimmt, nähmlich wie die ungraden Zahlen 9, 7, 5, 3, 1; und die Räume verhalten sich wie die Quadrate der Zeiten, wenn man beyde vom Ende gegen den Anfang des Steigens zählet; und der ganze Raum beträgt nur die Hälfte von dem, den der Körper in derselben Zeit mit gleichförmiger Bewegung zurückgelegt hätte. Durch die Schwere wird also die Wirkung der Wurfskraft immer rascher vermindert, endlich ganz aufgehoben und der Körper, nun bloss seiner Schwerbestimmung folgend, kehrt wieder mit gleichförmig beschleunigter Bewegung zur Erde zurück, so dass er zum Herabfallen dieselbe Zeit braucht, die er zum Aufsteigen verwendet hat, und mit derselben Geschwindigkeit anlangt, mit welcher er ausgegangen war. *) Daraus kann man leicht berechnen, wie hoch eine

*) Dasselbe wird umgekehrt erfolgen, wenn ein vollkommen elastischer Körper von einer gewissen Höhe senkrecht herabfällt, und wieder zurück springt.

Kanonenkugel gestiegen ist, wenn man nur die Zeit ihres Ausbleibens bemerkt hat. Ist z. B. eine Kugel 52 Secunden ausgeblieben, so hat sie die Hälfte davon, also 26 Secunden zum Aufsteigen, die andern 26 Secunden zum Herabfallen gebraucht. Wie hoch fällt nun eine Kugel in 26 Secunden? $26 \times 26 = 676$ (das Quadrat der Zeit); dieses multiplicirt mit der Geschwindigkeit in der ersten Secunde $15,5 \times 676 = 10478$ Fuss $= 900$ Klaftern.

Diese Gesetze des Steigens und Fallens der Körper oder der gleichförmig zu- und abnehmenden Bewegung überhaupt lassen sich durch die von Fischer vereinfachte Atwoodsche Fallmaschine versinnlichen. S. Gilberts Annalen der Physik. B. XIV.

Bey allen obigen Rechnungen ist auf den Widerstand der Luft gar keine Rücksicht genommen.

52. Wird ein Körper weder senkrecht hinauf noch hinab, sondern wagrecht oder horizontal geworfen; so wirken zwey Kräfte unter einem Winkel auf ihn: nähmlich die Wurfkraft, die ihn wagrecht treibt und die Schwere, die ihn senkrecht niederzieht, so zwar, dass er in der ersten Secunde 15,5′ sinken muss. Von diesen zwey Kräften ertheilt ihm die Wurfkraft eine gleichförmige, die Schwere aber eine gleichförmig zunehmende Bewegung; der Körper muss also eine krumme Linie beschreiben (§. 23.), welche in diesem Falle, wie die Mathematik beweist, eine Parabel ist; und welche Fig. 5. durch die Linie A B dargestellt wird. A C, C D, D E, E F stellen die gleichen Zeittheile; Cc, Dd, Ee, FB das jedem Zeittheile correspondirende Sinken durch die Schwere; 1c, 4d, 9e, 16B die durch die Wurfkraft beschriebenen Räume vor.

Eine Parabel ist eine krumme Linie, welche die mit einer Seite des Kegels parallele Schnittfläche einschliesst.

Daraus kann man sich erklären, warum ein horizontalgeworfener Stein zu Boden fällt, obschon er dann noch weit auf der Erde fortrollt, die Wurfskraft also noch nicht erschöpft ist. Daraus folgt auch, dass jede Kugel das Ziel nur in einer Bogenbewegung erreicht; dass eine Kugel, die nur eine Secunde auf dem Wege bleibt, 15, 5 Fuss über dem Ziele angetragen seyn muss. u. dgl. m.

53. Die angegebenen Gesetze der gleichförmig zunehmenden Bewegung bey fallenden und der gleichförmig abnehmenden Bewegung bey steigenden Körpern, lassen sich beym freyen Falle und beym freyen Steigen nicht zuverlässig beobachten, weil die Bewegung in diesen Fällen meistens zu rasch vor sich geht; daher auch die Einrichtung der Atwoodschen Fallmaschine das Mässigen dieser Bewegung zum Zwecke hat. Dasselbe geschieht auch, wenn ein Körper, statt frey zu fallen oder zu steigen, über eine schiefe Fläche hinab oder hinauf rollt. Ueber diese rollt ein Körper nicht mit seiner ganzen Schwere herab, mit der er senkrecht fällt; sondern ein Theil dieser Kraft wird dazu verwendet, auf die schiefe Unterlage zu drücken; mit dem übrig bleibenden Theile der Schwere rollt dann der Körper herab. Der Theil der Schwere, mit welchem ein Körper über eine schiefe Ebene fällt, heist seine *relative Schwere*, so wie die ganze Schwere, mit der er senkreht fällt, seine *absolute Schwere* heisst. Die relative Schwere verhält sich zur absoluten, wie die Höhe der schiefen Fläche zu ihrer Länge. Je höher und kürzer also eine schiefe Fläche ist, desto schneller läuft ein Körper über sie herab. Die übrigbleibende relative Schwere befolgt dieselben Gesetze, wie die absolute; sie ertheilt nähmlich dem herabrollenden Körper eine gleichförmig zunehmende Bewegung, so zwar, dass der Körper am Ende dieselbe Geschwindigkeit hat, als er zu Ende des freyen Herabfallens erlanget haben würde; die längere Einwirknng der beschleunigenden Schwere ersetzet das, was an ursprünglicher Kraft verloren gegangen ist. —

Das, was von dem Herabrollen über schiefe Flächen gesagt worden ist, lässt sich eben so auf das Hinaufgehen über dieselben anwenden, wie das über das Fallen der Körper Gesagte auf ihr Steigen angewandt werden konnte. Wenn also zwey schiefe Flächen von gleicher Höhe und Länge mit ihren spitzigen Winkeln schicklich zusammengestellt werden, und ein Körper über die eine mit gleichförmig zunehmender Bewegung herabrollt, so müsste er — wenn kein Hinderniss vorhanden wäre — über die andere mit gleichförmig abnehmender Bewegung eben so hoch hinauflaufen, als er von der ersten herabgelaufen war. — Einen Theil des Zirkelbogens kann man als ein System von sehr vielen kleinen, schiefen Flächen ansehen. Wenn man sich eine Rinne nach der Krümmung der halben Peripherie eines Kreises oder einer andern krummen Linie gebogen und mit der Mitte ihrer convexen Seite auf einer Horizontalebene aufstehend denkt (Fig. 6.); so muss eine Kugel, welche man von dem einen Ende des Zirkelbogens herabrollen lässt, auf der andern Seite eben so hoch wieder hinaufsteigen; dann hier wieder herab, jenseits wieder hinaufrollen und diess so lange fortsetzen, bis die unvermeidlichen Hindernisse diese Bewegung aufheben. — Dasselbe muss nun auch geschehen, wenn ein Körper gerade nicht auf einer solchen Fläche *rollt*, sondern wenn er unter andern Umständen z. B. an einem Faden hängend, eine solche krumme Linie beschreibt: auch in diesem Falle wird er nähmlich auf der entgegengesetzten Seite gerade eine solche Krümmung hinauf beschreiben, als er auf der einen Seite herabbeschrieben hatte. Darauf gründet sich die Pendelbewegung.

Auf einer schiefen Fläche von 2 Fuss Höhe und 8 Fuss Länge rollt eine 20 Pf. schwere Kugel nur mit 4 Pf. Kraft herab, 16 Pf. werden durch den Druck auf die schiefe Fläche aufgehoben. Die Geschwindigkeit ist in der ersten Secunde nicht 15,5 Fuss sondern $8 : 2 = 15{,}5 : 3{,}9'$.

Pendelbewegung.

54. Ein einfaches Pendel (in streng mathematischer Bedeutung) ist ein schwerer Punkt, der an einem vollkommen steifen, gewichtlosen, um seinen Aufhängspunkt ganz frey beweglichen Faden herabhängt. In der Ausführung ist ein solches Pendel unmöglich, denn wir haben keinen Körper, der ein blosser schwerer Punkt und nicht auch ausgedehnt wäre; dann kennen wir auch keinen vollständig unbiegsamen und dabey ganz gewichtlosen Faden. Alle unsere Pendel sind also zusammen gesetzt. Die Gesetze der Pendelbewegung lassen sich jedoch am besten am einfachen Pendel nachweisen; später wird die Uebertragung derselben auf unsere zusammengesetzten Pendel gelehrt werden.

55. Es sey Fig. 7. A B ein einfaches Pendel. Der Punkt B wird durch die Schwere den Faden senkrecht gegen die Horizontalebene ziehen, und ihn in dieser Lage erhalten. Der Punkt B werde aber nun durch eine äussere Gewalt in den Zirkelbogen B C D nach D bewegt; so ist es eben so, als wenn B über die schiefe Fläche B D hinauf gerollt worden wäre. In D kann der Körper nicht ruhen; sondern er muss mit der relativen Schwere D H wieder herab nach B rollen. Hier kömmt er mit beschleunigter Geschwindigkeit an, und muss nun mit abnehmender Geschwindigkeit auf der entgegengesetzten Seite in dem Bogen B C F nach F steigen. Hier erfolgt dasselbe, was vorher in D geschah; der Körper kömmt mit beschleunigter Geschwindigkeit wieder nach B und von da mit abnehmender nach D. So müsste es mit einem streng einfachen Pendel, in einem nicht widerstehenden Mittel in Einem fortgehen. Bey unsern gewöhnlichen Pendeln setzt die Reibung des Fadens an dem Befestigungspunkte und der Widerstand der Luft dieser Bewegung Gränzen, so dass das Pendel nach einer gewissen Anzahl Schwingungen in B ruhet.

56. Die Bewegung des Pendels in dem Bogen D B F oder das Herabgehen auf der einen und das Hinaufsteigen auf der andern Seite zusammengenommen, heisst ein *Pendelschlag* oder eine *Schwingung*; die Zeit, in welcher eine solche Schwingung vollbracht wird, heisst die *Schwingungszeit*. Das Herabgehen oder die Erhebung allein heisst eine *halbe Schwingung* und die dazu verwendete Zeit eine *halbe Schwingungszeit*. Pendelschläge, welche in gleichen Zeiten vollbracht werden, heissen *gleichzeitig*, und so heissen auch die Pendel selbst, welche gleichzeitige Pendelschläge machen. Die gerade Linie AB vom Befestigungspunkte des Fadens bis zum schweren Punkte des Pendels stellt die *Länge* des Pendels vor.

57. Je kürzer ein Pendel ist, desto kleiner wird der Zirkel, von dem der schwere Punkt einen Bogen beschreibt, desto grösser wird folglich auch die Höhe im Verhältnisse zur Länge der schiefen Fläche; der Körper muss also geschwinder herab und folglich auch geschwinder wieder hinauf rollen, und die ganze Schwankung folglich in kürzerer Zeit vollbracht werden. Man hat das Gesetz gefunden, dass die Schwankungszeiten sich wie die Quadratwurzeln der Pendelslänge verhalten. Wenn also ein Pendel, welches Secunden schlägt, 452 Linien lang ist, so muss es, um in 2 Secunden nur ein Mahl zu schlagen, 4 Mahl, also 1808 Linien; um in 3 Secunden ein Mahl zu schlagen, 9 Mahl so lang, also 4068 Linien lang seyn. Ein Pendel, welches Minuten schlagen sollte, müsste schon 1883 Klaftern lang seyn, nähmlich $60^2 = 3600 \times 452 = 1627200$ Linien $=$ 1883 Klaftern. Man kann also aus der Länge des Pendels berechnen, in welcher Zeit es seine Schwingung vollbringt, und umgekehrt aus den bekannten Schwingungszeiten auch die Länge finden. Ein Pendel, welches gerade in einer Secunde eine Schwingung verrichtet, heist ein *Secundenpendel*. Dieses hat in Wien eine Länge von 452,739 Linien. Man kann ein solches Pendel als einen

Zeitmesser anwenden, wenn man eine Vorrichtung anbringt, welche den Pendel in Bewegung hält und zugleich die Zahl der vollbrachten Schwingungen angibt, wie diess bey unsern Pendeluhren der Fall ist. Da aber durch die Wärme das Pendel ausgedehnt, also verlängert, und durch die Kälte wieder verkürzt wird, so macht der Wechsel der Temperatur Verbesserungen nothwendig, die theils am Pendel selbst angebracht, theils durch Berechnung zu finden sind. Eben so könnte man in der Musik Pendel statt Taktschläger brauchen.

58. Die Geschwindigkeit der einzelnen Pendelschwingungen und folglich auch ihre Anzahl in einer bestimmten Zeit, hängt aber nicht allein von der Länge des Pendels, sondern auch von dem Grade der Schwere (nicht des Gewichtes) des schweren Punktes ab. Da nun die Schwerbestimmung mit der Entfernung vom Mittelpunkte der Erde abnimmt, so muss sich diess am Pendel zeigen, der in einer grössern Entfernung langsamer schwingen muss.

Diess hat sich auch wirklich durch die Erfahrung bestätigt. Condamine und Bouguer haben beobachtet, dass dasselbe Pendel, welches am Ufer des Amazonenflusses in 24 Stunden 98770 Schwingungen machte, in der 1460 Toisen über die Meeresfläche erhabenen Stadt Quito nur 98740, und auf dem noch um 970 Toisen höhern Gipfel des Berges Pitchincha nur 98710 solche Schwingungen machte. Man könnte folglich auch Pendel brauchen, um die Höhe der Berge zu bestimmen. Aus der Abnahme der Zahl der Pendelschwingungen am Aequator und ihrer Zunahme gegen die Pole hat man auch geschlossen, dass die Oberfläche der Erde an den Polen ihrem Mittelpuncte näher als am Aequator, der Erdball folglich keine regelmässige, sondern an den Polen etwas abgeplattete Kugel sey. Der französische Astronom Richer fand, dass sein von Paris mitgebrachtes Secunden-Pendel, in Cajenne, nahe am Aequator, keine Secunden mehr schlug, sondern dass es in 24 Stunden um 148 Schläge weniger machte, folglich langsamer ging; und dass er es um den 352ten Theil seiner Länge verkürzen

musste, damit es wieder Secunden schlüge. Die Richtigkeit dieser Beobachtung ist dann durch Untersuchungen auf andern Wegen bestätigt worden. Man hat gefunden, dass am Aequator die Körper in der ersten Secunde 15,46364 W. Fuss fallen, bey uns in Wien (48° 12′ nördl. Breit.) 15,51612 F. in Petersburg (59° 56′ nördl. Breite.) schon 15,53125 F. Weil das Secunden-Pendel in derselben Breite und derselben Erhebung über die Meeresfläche immer dieselbe Länge haben muss, so hat man es auch als Einheit für das Längenmass vorgeschlagen. — Diese interessanten Beobachtungen gaben schon der Meinung derjenigen, welche die Phänomene der Schwere von der Anziehung der Erde ableiteten (denn vorher nahm man, nach Cartesius Hypothese, als Ursache derselben die wirbelnde Bewegung einer eigenen sehr feinen, im ganzen Weltraum verbreiteten Materie an) ein bedeutendes Übergewicht. Dieses wurde aber noch entscheidender, als man durch Beobachtungen und eigens angestellte Versuche fand, dass selbst einzelne, etwas bedeutende Theile der Erde, z. B. grosse Berge dieselbe Anziehung ausüben. Die erste Beobachtung dieser Art macht Bouguer, welcher fand, dass sein Pendel am Chimborasso um 8 Secunden von der senkrechten Linie gegen den Berg zu abwich. D. Maskeline bekam den Auftrag, denselben Versuch an dem dazu sehr bequem gelegenen Berge Schehallien in Schottland zu wiederhohlen. An zwey diess- und jenseits des Berges pararell gestellten Stangen (oder Fernröhren) liess er Pendel herabhängen. Das auf der einen Seite machte mit der Stange einen grössern, das auf der andern Seite einen kleinern Winkel als sie machten, wenn der Berg nicht dazwischen war (siehe F. 8. und F. 9.) Er fand die durch den Berg bewirkte Abweichung 5,8 Secunden.

59. Alle Pendel, derer wir uns bedienen, sind eigentlich zusammengesetzt, selbst diejenigen, welche aus einem Faden und einer Bleykugel bestehen, wie schon gesagt worden ist. Allein gewöhnlich versteht man unter *zusammengesetzten Pendeln* runde oder eckige Stangen, meistens von Metall. Man kann ein solches Pendel als eine Zusammensetzung von mehreren einfachen Pendeln von verschiedener Länge halten, und daher mag es wohl auch seinen Nahmen haben. In jedem

solchen zusammengesezten Pendel gibt es aber einen Punkt, in welchem man sich die ganze Masse des Pendels so versammelt denken kann, dass das Pendel eben so schwingt, als wenn die ganze Masse als ein schwerer Punkt an einem Faden von derselben Länge herabhinge. Dieser Punct heisst der *Mittelpunkt der Schwingung.* Bey unseren gewöhnlichen, zusammengesetzten Pendeln ist dieser Punkt meistens um $\frac{2}{3}$ der ganzen Stange vom Aufhängspunkte entfernt. Eine solche Stange, die als Pendel Secunden schwingen sollte, müsste also bey uns 4,192 Schuh lang seyn.

b. Anziehung in kleinsten Abständen.

60. Die Anziehung zwischen den Körpern in den kleinsten, ganz unmerklichen Abständen, wozu also wenigstens Berührung erfordert wird, heisst *Verwandtschaft.*

61. Die Körper oder die Theile der Körper, welche durch die Verwandtschaft verbunden oder zusammengehalten werden, sind entweder *homogen*, gleichartig; oder *heterogen*, verschiedenartig. Homogene Theile sind solche, die sowohl unter sich als auch dem Ganzen, von dem sie herkommen, ähnlich sind; die sich also unter einander und vom Ganzen bloss durch Bestimmungen, die ihre Grösse und Ausdehnung betreffen, unterscheiden, in den ihre Natur charakterisirenden Eigenschaften aber ganz übereinstimmen; die also auch durch ihre wechselseitige Verbindung nichts als ihre Masse verändern — vergrössern — können, wesswegen man sie auch *Massentheile*, *Aggregationstheile* heisst. Wenn man z. B. die feinen Körner von granulirten Bley zusammenschmilzt, so erhält man nur ein grösseres Stück Bley. Wenn man ein Stück Steinsalz fein pulvert, so ist jedes feine Stäubchen, eines wie das andere, doch wieder Steinsalz. *Heterogene* Theile sind von einander nicht bloss der Grösse,

sondern auch der Natur nach verschieden; es zeigen folglich die einen Eigenschaften, welche die andern nicht haben; sie sind aber im Stande durch eine sehr innige Verbindung in bestimmten Verhältnissen neue, dem Scheine nach ganz gleichartige Körper zu bilden, in welchem Falle man sie dann *Bestandtheile* heisst.

62. Nachdem durch die Verwandtschaft entweder homogene oder heterogene Theile zusammengehalten oder neuverbunden werden, heisst sie Verwandtschaft homogener oder Verwandtschaft heterogener Körper — kürzer *homogene* und *heterogene Verwandtschaft.* — Die homogene Verwandtschaft ist also die Ursache, warum die Theile der Körper vereinigt bleiben und Massen von bemerkbarer Grösse bilden. Sie heisst gewöhnlich *Cohäsion*, wenn sie in den kleinsten Theilen der ganzen Masse wirksam gedacht wird. *Adhäsion* wird sie genannt, wenn sie sich auf die Oberflächen schon etwas grösserer Körper erstrecket. Durch die heterogene Verwandtschaft werden die verschiedenartigen Theile eines Körpers zusammen gehalten, oder sie macht, dass verschiedenartige Theile sich mit einander zu einer grösseren Masse vereinigen. Wenn die durch die Verw. verbundenen, verschiedenartigen Theile schon etwas grösser sind, so erstreckt sich auch die heterogene Verw. bloss auf die Oberflächen, verändert die Theile nicht in ihrer Natur, sondern man kann nach der Verbindung die Theile in ihrer Verschiedenheit noch sehr wohl unterscheiden, z. B. den Feldspat, Quarz und Glimmer im Granit. In diesem Falle ist die heterogene Verw. bloss eine Art von Adhäsion, und die durch sie zusammengehaltenen Theile, — die sich durch bloss mechanische Mittel, Schlagen, Schneiden, Feilen, Schlemmen, Filtriren, Pressen u. dgl. wieder trennen lassen — heissen *Gemengtheile*, der Körper selbst heisst ein *Gemenge*, die Art der Verbindung *Mengung*. — Erstrecket sich aber die Verwandtschaft auf die kleinsten Theilchen heterogener

Körper, verbinden sich diese wechselseitig so innig mit einander, dass kein Theil des einen Körpers angetroffen wird, der nicht zugleich etwas von dem andern, und zwar in demselben Verhältnisse wie das Ganze, enthielte; findet eine wahre, chemische Durchdringung (§. 10. 11.) dieser verschiedenartigen Materien Statt, hören also dieselben auf ausser einander zu seyn, sondern nehmen sie sich wechselseitig in einander auf: so entsteht ein neuer Körper, in welchem wir durch unsere äusseren Sinne keine Verschiedenheit der Bestandtheile mehr wahrnehmen, und diese auch nicht durch mechanische Mittel, sondern nur durch die den Körpern inwohnenden Grundkräfte selbst — durch chemische Mittel — trennen können. Es sind also neue Massentheilchen entstanden, welche dann durch die Cohäsion in die grössere Masse eines scheinbar gleichartigen Körpers vereinigt werden. In diesem Falle heisst die Verw. *chemische Verwandtschaft*; die so vereinigten heterogenen Theile heissen *chemische Bestandtheile*; die Verbindung selbst eine *chemische Verbindung*, *Auflösung* oder auch *Mischung*; die auf diese Weise entstandenen, neuen Körper *chemisch zusammengesetzte* oder *gemischte Körper*. Die Verbindung von Kupfer und Zink zu Messing, von Schwefel und Quecksilber zu Zinnober, von Öhl und Laugensalz zu Seife u. dgl. m. sind Beyspiele von chemischen Verbindungen oder Mischungen. — So wie die heterogene Verwandtschaft ungleichartige Körper zu einem gleichartig erscheinenden vereinigen kann; so ist sie auch in Gemeinschaft mit der homogenen Verw. im Stande, chemisch zusammengesetzte Körper wieder in ihre ungleichartigen Bestandtheile zu zerlegen. Körper, die man bisher noch durch kein Mittel in ungleichartige Bestandtheile trennen konnte, heisst man *chemisch einfache* oder besser *unzerlegte Körper*. In den chemischen Lehrbüchern werden als solche gewöhnlich folgende 54 aufgeführt:

1.	Lichtstoff.	28.	Chrom.
2.	Wärmestoff.	29.	Scheel.
3.	Elekt. Stoff (Blitzstoff?)	30.	Uran.
4.	Magnetstoff.	31.	Titan.
5.	Sauerstoff.	32.	Demeter oder Cererium.
6.	Chlorine.	33.	Tellur.
7.	Jodine.	34.	Spiessglanz.
8.	Stickstoff.	35.	Wismuth.
9.	Wasserstoff.	36.	Junonium?
10.	Schwefel.	37.	Columbium oder Tantal
11.	Kohlenstoff.	38.	Molybdän.
12.	Phosphor.	39.	Arsenik.
13.	Boron.	40.	Kobalt.
14.	Fluoron.	41.	Nickel.
15.	Kalium.	42.	Eisen.
16.	Natronium.	43.	Kupfer.
17.	Calcium.	44.	Bley.
18.	Barium.	45.	Zinn.
19.	Strontium.	46.	Zink.
20.	Ammonium?	47.	Quecksilber.
21.	Magnium.	48.	Osmium.
22.	Aluminum.	49.	Iridium.
23.	Glycinum.	50.	Rhodium.
24.	Zirkonum.	51.	Palladium.
25.	Silikum.	52.	Silber.
26.	Yttrium.	53.	Gold.
27.	Mangan.	54.	Platin.

Vielleicht sollte man zwey elektrische und zwey magnetische Stoffe annehmen, einen positiven und einen negativen. Stickstoff, Wasserstoff und Ammonium können nicht alle drey einfach seyn; wenn das letztere einfach ist, so sind die zwey ersteren zusammengesetzt.

63. Die Anziehung in kleinsten Abständen, oder die Verwandtschaft ist eben so allgemein als die Schwere.

Wir sehen, dass alle Körper — die hypothetischen Incoercebilien wieder ausgenommen — in grösseren Massen vorkommen, dass also ihre kleinsten Theile durch die Cohäsion zusammen gehalten werden. Die heterogene Verw. ist eben so allgemein, denn wir kennen keinen Körper, der nicht zu irgend einem andern eine Verw. hätte. Ob aber diese Allgemeinheit so weit gehe, dass jeder Körper zu jedem andern eine Verw. habe, ist nicht ausgemacht, doch sehr wahrscheinlich.

64. Nebst dieser Allgemeinheit hat die Verw. mit der Schwere noch andere Ähnlichkeiten. Sie nimmt wie diese mit der Masse zu und mit der Entfernung ab. Dass die Verw. mit der Entfernung abnimmt, ist augenscheinlich, weil sie nur in der Berührung wirksam ist, und zwar um so wirksamer, je näher man die zu verbindenden Körper durch künstliche Mittel, z. B. durch Druck u. dgl. bringt, und weil ihre Wirksamkeit ganz aufhört, wie die Entfernungen nur bemerkbar werden.

Dass die Anziehung mit der Masse zunimmt, ist bey der heterogenen Verwandtschaft ein den Chemisten schon lange bekanntes Factum, welches aber erst von Berthollet zum Range eines Gesetzes erhoben worden ist. Eine kleine Menge Wasser wird von einer grossen Menge Schwefelsäure fester gehalten, als eine grosse Menge Wasser von einer kleinen Menge Schwefelsäure gehalten wird. — Bey der homogenen Verwandtschaft lässt sich dieses Gesetz nicht gut nachweisen, weil man die Masse nicht verändern kann, ohne zugleich eine Änderung in den Entfernungen zu bewirken. Betrachtet man aber nur immer die verbundenen oder zu trennenden Oberflächen als wirksam, so ist dieses Gesetz auch hier ausgemacht; denn die Adhäsion wird offenbar vermehrt, wie die Oberflächen, welche hier eigentlich die Massen ausmachen, vergrössert werden.

Gold und Quecksilber können noch so lange bey einander liegen, sie werden sich nicht verbinden, wenn sie sich nicht

berühren. Sobald eine Stahlstange ein Mahl gebrochen ist d. h. ihre Theile in bemerkbare Entfernung versetzt worden sind, hängen sie gar nicht mehr zusammen.

65. Ungeachtet dieser bedeutenden Ähnlichkeit, unterscheiden sich Schwere und Verwandtschaft doch auch durch sehr wichtige Verschiedenheiten in ihrer Wirkungsweise. In gleichen Entfernungen ist die Schwere in allen Körpern dieselbe: nicht so die Verw.; denn wenn auch hier die Entfernungen, so viel wir bemerken können, ganz gleich sind, so ist doch die Verw. — d. h. die Stärke, mit welcher homogene oder heterogene Theile zur Verbindung streben — sehr verschieden, so zwar, dass man kaum zwey Körper findet, die entweder genau dieselbe Cohäsion oder denselben Grad von Verw. gegen einen dritten Körper haben. In demselben Körper ist die Verw. unter gleichen Umständen stets dieselbe, wodurch sie sich wieder von der Anziehung durch Elektricität und Magnetismus unterscheidet. Der verschiedene Grad von Intensität in und zwischen verschiedenen Körpern, und die Beständigkeit desselben Grades zu allen Zeiten unter den nähmlichen Umständen in denselben Körpern, macht das charakteristische Kennzeichen der Verw. aus. Nur durch diese Eigenschaft der Verw. sind die verschiedenen Veränderungen möglich, welche wir die Körper durch ihr wechselseitiges Einwirken hervorbringen sehen.

1) Von der Cohäsion oder homogenen Verwandtschaft.

66. Unter Cohäsion verstehen wir den Grad der Stärke, womit die Massentheile eines Körpers zusammenhängen. Die Cohäsion wird durch die Kraft gemessen, die erforderlich ist, den Zusammenhang der Theile eines Körpers zu unterbrechen. Von der Cohäsion, deren Ursache man Cohäsionskraft oder Cohärenz heisst,

hängt also der Grad der Festigkeit der Körper ab. Dieser und folglich auch der Grad der Cohäsion, ist in verschiedenen Körpern sehr verschieden : man findet kaum zwey Körper, deren Theile genau mit derselben Kraft zusammenhängen.

Welche ungeheure Kraft wird erfordert, eine eiserne Stange zu zerreissen? Wie viel leichter zerreisst dagegen eine ähnliche Stange von Bley? Und wie verschwindet selbst dagegen der Widerstand, den die Luft einer zertheilenden Gewalt entgensetzt?

67. Eine Stange aus Holz, aus Stahl u. dgl. lässt sich weit leichter brechen als zerreissen. Die Kraft, mit welcher ein Körper dem Zerreissen widersteht, heisst man seine *absolute Festigkeit*, auch — vorzüglich bey Metallen — Zähigkeit, tenacitas. Nach dem Grade der Kraft, die zum Brechen eines Körpers erfordert wird, lässt sich seine *relative Festigkeit* schätzen. Bey Stricken, Leinwand, Zeugen u. dgl., kömmt es auf die absolute; bey Bauholze, Wagenachsen u. a. dgl. auf die relative Festigkeit an. Wenn ein Körper sich vor dem Zerbrechen krümmt, heisst er *biegsam*.

Ueber die absolute Festigkeit der Körper haben Musshenbroek, Graf Sickingen und Guyton Morveau Versuche gemacht. Die Metalle folgen in dieser Hinsicht so auf einander: Eisen, Kupfer, Platin, Silber, Gold, Zink, Nickel Zinn, Bley. Die Metalllegirungen befolgen ganz andere Gesetze. Hölzer: Akazie, Buche, Erle, Ruster, Weide, Esche, Pflaumbaum, Fichte, Wallnuss, Tanne, Pappel. Knochen: Elfenbein, Knochen, Horn, Fischbein, Wallrosszahn.

Eine Tabelle über die Zerbrechbarkeit des Bauholzes enthält: Voigt's Magazin für den neuesten Zustand der Naturk. 9. B. 5. St. S. 430.

Ueber die Stärke rund gewobener Seile von Wilh. G. Rappolt.

Aggregat-Zustand der Körper.

68. Theils von der Stärke, theils von besonderen Modificationen der Cohärenz hängt auch der *Aggregatzu-*

stand, oder die *Form* ab, in welcher die Körper vorkommen. Wir unterscheiden vorzüglich den *starren*, *soliden* oder *festen* und den *flüssigen* Zustand. Die flüssigen Körper zerfallen wieder in *sperrbare* die sich in Gefässe einschliessen und darin behandeln lassen, und in *nichtsperrbare (Incoërcibilien*, oder auch *ätherische Stoffe)* die dieser Behandlung nicht fähig sind, auch sonst keine merkliche Gegenwirkung, ja nicht ein Mahl ein Gewicht zeigen. Die sperrbaren, flüssigen Körper sind entweder *tropfbar*- oder *elastischflüssig*.

69. Starr oder fest heisst ein Körper, dessen Massentheile so zusammenhängen, dass sie entweder gar nicht oder doch nur mit einer bedeutenden Gewalt unter einander verschoben werden können. Die Ursache davon scheint zu seyn, weil die Massentheile solcher Körper nicht im Stande sind, ihre wechselseitige Lage gegen einander zu verändern — worin eigentlich das Verschieben besteht — ohne zugleich ihre Entfernungen zu verändern; denn nur dem Letzteren widersetzt sich eigentlich die Cohäsionskraft. Wenn bey festen Körpern der Zusammenhang einmahl unterbrochen ist, wird er durch das blosse Aneinanderbringen der getrennten Theile entweder gar nicht oder nur äusserst unvollkommen wieder hergestellt. — Der Grad der Cohäsion der Körper im starren Aggregatzustande wird vergleichungsweise durch die Gewichte bestimmt, die erforderlich sind, verschiedene Körper von gleichen Dimensionen, also von gleicher Länge und Dicke, zu zerreissen.

70. Die starren Körper besitzen ihre charakteristische Eigenschaft, die Schwerverschiebbarkeit ihrer Theile nicht im gleichen Grade, sondern gehen durch allmählige Abnahme derselben und durch eine kaum zu bestimmende Menge von Mittelzuständen in die tropfbaren über, so dass zwischen beyden nicht einmahl eine scharfe Gränzlinie gezogen werden kann, sondern die

weichen Körper sich allmählig in die dickflüssigen verlieren. Die festen Körper, derer Theile sehr schwer verschiebbar sind, heissen *hart*. Härte ist wohl von Festigkeit zu unterscheiden: Festigkeit widersetzt sich der Trennung, d. h. Entfernung, Härte der Verschiebung der Theile, und wird durch den Widerstand beym Schneiden, Ritzen, Feilen u. dgl. gemessen. Daher kann grosse Härte mit sehr geringer Festigkeit bestehen: solche Körper heissen dann *spröde*, z. B. Glas; so wie jene Körper, die grosse Festigkeit mit geringer Härte verbinden, im engeren Sinne *zähe* heissen, z. B. frisches Birkenholz, Leder u. d. gl. — Lässt ein Körper durch angebrachte Gewalt einige Verschiebung seiner Theile zu, so heisst er entweder weich oder elastisch. *Weich*, wenn der durch die Verschiebung der Theile entstandene Eindruck oder die dadurch veränderte Form bleibt, selbst wenn die äussere Gewalt zu wirken aufgehört hat. So behält bey der gewöhnlichen Temperatur die Butter die Eindrücke, die man gemacht, und das Wachs die Form, die man ihm gegeben hat. Lassen sich die Theile eines Körpers wohl verschieben, wird aber dazu eine sehr grosse-Gewalt z. B. Hammerschläge erfordert, so legt man ihm *Dehnbarkeit* bey. Diese zerfällt bey den Metallen wieder in *Hämmerbarkeit*, Malleabilität, und in *Ductilität*, Streckbarkeit d. h. die Fähigkeit sich zu Drathe ziehen zu lassen. — *Elastische Körper* lassen mittelst der Verschiebbarkeit ihrer Theile durch eine äussere Gewalt, ohne Trennung des Zusammenhanges, eine Änderung ihrer Figur und ihres Umfanges zu; beyde kehren aber wieder in den alten Zustand zurück, wenn die äussere Kraft zu wirken aufhört, und zwar entweder ganz bey vollkommen elastischen Körpern, oder zum Theil bey unvollkommen elastischen Körpern. Die Elasticität wird in *attractive* und *expansive* eingetheilt, je nachdem die verschobenen Theile durch Attraction oder durch Expansion die vorige Ge-

stalt und Grösse wieder herzustellen trachten. Die erste hat z. B. beym Caoutschouc, der aus einander gezogen worden, bey einem Trommelfelle, bey gespannten Darmsaiten u. dgl., die letzte seltener bey festen Körpern, dafür desto häufiger bey Körpern in den folgenden zwey Zuständen Statt, daher auch von ihr einer den Nahmen führt. Das Geradewerden einer gebogenen Degenklinge, einer Uhrfeder, eines gebogenen Baumes oder Rohres geschieht durch die gleichzeitige Wirkung beyder Arten von Elasticität. Eine spiralförmig gewundene Feder scheint beyder Arten von Elasticität nur getrennt fähig zu seyn; denn bey ihrem Zusammendrücken und Ausdehnen geschieht nur dasselbe, als wenn man eine Degenklinge bald auf diese bald auf jene Seite biegt. — Die Elasticität lässt übrigens sehr viele Grade zu, ja es sind die meisten Körper elastisch, wenn wir diese Eigenschaft auch nicht ganz augenscheinlich an ihnen wahrnehmen, weil die meisten durch Erschütterung einen Klang von sich zu geben oder ihn wenigstens fortzupflanzen im Stande sind, welches sich ohne Elasticität nicht denken lässt. Elasticität scheint überhaupt die einfachste Modification derjenigen Kräfte zu seyn, durch welche die Körper überhaupt ihren Raum erfüllen.

Von zwey harten Körpern ist derjenige der härtere, der den andern ritzt, ohne von ihm geritzt zu werden, und der härteste Körper ist derjenige, der alle übrigen ritzt, ohne selbst von irgend einem geritzt zu werden; also bis jetzt der Diamant.

Auch weiche, dehnbare, dem tropfbaren Zustande schon sehr nahe Körper: Schleim, Gallerte, Theer u. d. gl. nennt man im gemeinen Leben zähe.

71. Die genannten Eigenschaften fester Körper sind sehr von äusseren Umständen, vorzüglich von der Temperatur abhängig. Viele feste Körper werden durch Wärme weich, ja ganz flüssig; spröde Körper weich und dehnbar; einige dehnbare aber z. B. Bley, nahe an

seinem Schmelzpunkte, auch spröde. Eine Uhrfeder verliert durch Erhitzen ihre Elasticität u. dgl. m.

72. Die sperrbaren *flüssigen* Körper sind entweder *elastisch flüssig*, luftförmig, die eine grosse Elasticität besitzen, oder *tropfbar flüssig*, bey denen nur ein so geringer Grad von Elasticität angetroffen wird, dass daran lange gezweifelt wurde.

73. Bey tropfbaren Körpern können die Theile durch die geringste, angebrachte Gewalt ihre wechselseitige Lage ändern; ihre Theile lassen sich also mit der grössten Leichtigkeit verschieben, ohne dass der Zusammenhang aufgehoben wird. Sind auch die Theile eines tropfbaren Körpers getrennt worden, so ist die blosse Berührung derselben hinlänglich, dass sie wieder zusammenhängen wie vorher, welches wir das Zusammenfliessen heissen. — Man stellet sich die Aggregatstheile, tropfbarer Körper als kugelrund, z. B. als mit Wärmestoff gefüllte Bläschen vor, weil nur diese ihre wechselseitige Lage ändern können, ohne dass die Entfernungen im geringsten verändert werden: eine Vorstellungsart, die durch die sphärische Gestalt der Tropfen bestätiget wird. Andere nehmen der dynamischen Ansicht mehr entsprehend an, innerhalb des flüssigen Körpers werde jeder Theil von allen Seiten gleich angezogen, und abgestossen, welches so viel ist, als würde er gar nicht angezogen und abgestossen und als bewegte er sich also so frey, wie im leeren Raume.

Man kann also nicht sagen, dass in tropfbaren Körpern die Cohäsionskraft durch die Expansivkraft ganz überwältigt sey, und dass sie nur durch den Druck der Atmosphäre zusammengehalten werden. Auch ist diess gegen die Erfahrung: denn obschon einige, schon bey jeder Temperatur der Atmosphäre verdünstende Flüssigkeiten, z. B. Wasser, Weingeist, Äther, sich in verdünnter Luft unter der Glocke der Luftpumpe viel schneller verflüchtigen, ja selbst das Quecksilber in der Toricellischen Leere sich sublimiren soll: so gibt es dagegen andere Körper, die unter denselben Um-

ständen keinen Gewichtsverlust erleiden, z. B. fette Öhle, Schwefelsäure. Die Theilchen eines Mehlhaufens hängen weniger zusammen, als die des Wassers und doch ist jener starr und dieses flüssig. Wassertropfen fliessen auch in luftleerem Raume zusammen; eine Metallplatte adhärirt an die Oberfläche einer Flüssigkeit gleich stark im luftleeren und im luftvollen Raume. Eine feine Nadel vorsichtig auf eine ruhige Wasserfläche gelegt, schwimmt darauf u. dgl. m.

74. Damit ein Körper tropfbar genannt werde, müssen seine Massentheilchen nicht nur verschiebbar, sondern im höchsten Grade verschiebbar seyn; die geringste Gewalt, das eigene Gewicht dieser Körper muss dazu schon hinreichen. Daher sind flüssige Körper formlos, weil die Schwere, die ihnen gegebene Form jeden Augenblick wieder zerstört und sie mit ebener Oberfläche zu zerfliessen zwingt. Ein tropfbarer Körper kann also nur in Gefässen gesammelt werden; er muss augenblicklich die Form des Gefässes annehmen und seine Oberfläche muss immer horizontal seyn. Darauf beruht die Einrichtung der *Wasser-* oder *Nivellirwagen*. Auch folgt aus dem Charakter der Flüssigkeit, dass flüssige Körper sich durch andere feste Körper sehr leicht aus ihrem Raume treiben lassen, ihnen ausweichen, dass sie aber nach der Entfernung des fremden Körpers ihre vorige Lage sogleich wieder annehmen, ohne dass man diess als eine Folge ihrer Elasticität betrachten darf; denn tropfbare Körper sind unter allen am wenigsten elastisch, weil sie sich wegen ihrer Beweglichkeit jedem Drucke sehr leicht entziehen können. Werden dieser Beweglichkeit durch genau verschlossene Gefässe Gränzen gesetzt, und die tropfbaren Körper dann zusammengepresst, so zeigen sie allerdings Elasticität, wie diess *Herbert* zuerst durch genaue Versuche bewiesen hat; obgleich man diess schon früher aus dem Abprellen schief auf eine Wasserfläche geworfener Steine, aus dem Rudern und mehreren andern Erscheinungen geschlossen hatte.

Gehört nebst dem eigenen Gewichte noch eine andere, äussere Kraft dazu, diess Verschieben zu bewirken, so heissen die Körper nicht mehr flüssig, sondern weich, zäh. So nennen wir Wasser, Weingeist, Schwefelsäure u. a. m. tropfbar, dem Honige gestehen wir diese Eigenschaft nicht mehr zu.

75. Um den Grad der Tropfbarkeit verschiedener Substanzen zu bestimmen, lässt man sie aus einem eigends dazu eingerichteten Gefässe mit einer sehr engen Öffnung austropfen. Der Grad der Tropfbarkeit — Flüssigkeit — verhält sich umgekehrt wie das Produkt aus den Zeiten in das specifische Gewicht. So hat man gefunden, dass, wenn der Flüssigkeitsgrad des Wassers gleich 1000 gesetzt wird, der des Olivenöhls nur = 45. des Weingeistes hingegen = 1098 ist.

76. Alle diese Eigenschaften tropfbarer Körper lassen sich aus der ungehinderten Verschiebbarkeit ihrer Theile erklären. Vermög dieser suchen sie nähmlich einer einwirkenden Kraft, nicht bloss nach einer dieser Einwirkung gerade entgegengesetzten Richtung, sondern nach allen Richtungen auszuweichen, und sie wählen daher immer diejenige, wo sie den geringsten Widerstand finden. Man kann sich eine Flüssigkeit in einem cylindrischen Gefässe mit ebenem Boden, als aus flüssigen, sich berührenden Säulen bestehend vorstellen. So lange diese Säulen gleich hoch sind, sind sie auch gleich schwer, und die untere Schichte einer solchen Säule kann dem Drucke der oberen nicht ausweichen, weil sie daran durch den gleichen Gegendruck der Nebensäulen gehindert wird. Verliert aber eine, oder verlieren einige dieser Säulen an Höhe, d. h. hört die Oberfläche auf horizontal zu seyn, so hält sie dem Drucke der höheren Seitensäulen nicht mehr das Gleichgewicht, und es sind die obern Theile der höheren Säulen von den Seiten nicht unterstützt: es werden also die niedrigern Säulen durch das Zuströmen von oben so lange vergrössert, und durch das Heraufdrücken von unten

so lange gehoben, bis nach einigen Schwankungen das Gleichgewicht und mit diesem die horizontale Oberfläche — welche *Libelle* heisst — wieder hergestellt ist.

Darauf beruht das *Wellenschlagen*, welches viele Ähnlichkeit mit den Pendelschwingungen fester Körper hat. Wenn z. B. durch den in einen ruhigen See geworfenen Stein eine Wassersäule gedrückt wird, so drückt sie die Nebensäulen in die Höhe; sobald der Druck nachlässt, fallen diese wieder herab, und treiben die vorher niedergedrückte Säule in die Höhe. Diese thut nun wieder ein Gleiches, bis nach einer grossen Zahl von Schwankungen die Ruhe endlich wieder eintritt. Der emporgehobene Theil einer Wasserfläche heisst eine *Welle*.

77. Dasselbe muss auch Statt finden, wenn in eine flüssige Masse eine von beyden Seiten offene Röhre — nur kein Haarröhrchen — gesteckt wird. Die Oberfläche der Flüssigkeit ausser der Röhre und in derselben muss genau gleich hoch seyn, oder die Flüssigkeit kann in der Röhre weder unter noch über der Libelle stehen. Dieser Fall ist nun mit jenem ganz gleich, wenn sich eine gleichartige Flüssigkeit, z. B. Wasser in mehreren, mit einander Gemeinschaft habenden — *communicirenden* — *Röhren* befindet. Die Flüssigkeit muss in der einen Röhre so hoch als in der andern stehen, es mögen die Röhren gleich weit, oder von sehr verschiedenem Durchmesser seyn. Sind die in Röhren communicirenden Flüssigkeiten nicht von gleicher Art, und vorzüglich im specifischen Gewichte verschieden, so wird die leichtere Flüssigkeit in dem einen Schenkel höher stehen, als die schwerere in dem andern. Die Höhe der Flüssigkeit in beyden Schenkeln verhält sich umgekehrt wie das specifische Gewicht der Flüssigkeiten. So wird z. B. Öhl in dem einen Schenkel höher stehen als Wasser in dem andern.

Diess ist die Ursache, warum das Wasser einer in das sandige Ufer eines Flusses gegrabenen Grube eben so hoch steht, als in dem Flusse selbst; warum das in Röhren von einer Anhöhe herabgeleitete Wasser eben so hoch hinauf geleitet werden kann, als es herab geleitet worden ist. Darauf gründet sich die Höhe des Wasserstrahls bey unsern Springbrunnen u. dgl. m.

78. Die Säulen der tropfbaren Körper, die unmittelbar die Wände des Gefässes berühren, üben gegen diese denselben Druck aus, als wie von der andern Seite gegen die angränzenden Wassersäulen. Jeder Theil des Bodens oder der Seitenwände eines mit Wasser gefüllten Gefässes, hat daher einen Druck auszuhalten, welcher dem absoluten Gewichte einer Wassersäule gleich ist, deren Grundfläche dieser Theil und deren Höhe dem Abstande dieses Punktes von der Oberfläche des Wassers gleich ist. Wenn daher das Gefäss an der Seite eine Oeffnung bekömmt, rinnt die Flüssigkeit eben so gut aus, als wäre das Loch am Boden und zwar um so geschwinder, je weiter das Loch von der Oberfläche der Flüssigkeit entfernt, d. h. je näher es am Boden ist. Daher werden Gefässe mit schwachen Seitenwänden von dem Enthaltenen öfters aus einander gedrückt, und zwar um so leichter, je schwerer die Flüssigkeit ist; daher muss z. B. Quecksilber in sehr starken Flaschen aufbewahret werden. Gefässe, die nicht sehr fest stehen, fallen auf die entgegengesetzte Seite um, wenn sie auf der einen Seite ein Loch bekommen; weil nähmlich der Druck auf die ganze Seite noch fortdauert, während er auf der durchbohrten zum Theil aufgehoben ist. Darauf beruht auch die Construction der Segnerischen Maschine.

79. Wenn in ein Gefäss mehrere tropfbare sich nicht mischende Flüssigkeiten von verschiedenem specifischen Gewichte gebracht werden; so ordnen sie sich im Verhältnisse ihres specifischen Gewichtes schichtenweise von unten nach oben.

Wenn man z. B. in ein und dasselbe Gefäss Quecksilber, Wasser und Olivenöhl giesst, so wird eine horizontale Schichte von Quecksilber den untersten, eine von Wasser den mittleren Platz einnehmen, auf welcher dann das Öhl ebenfalls mit horizontaler Oberfläche schwimmt.

80. Wenn feste Körper in tropfbare getaucht werden, sind drey Fälle wohl zu unterscheiden. Der eingetauchte, feste Körper kann nähmlich mit der Flüssigkeit von gleichem specifischen Gewichte, oder er kann schwerer, oder er kann leichter seyn.

81. Wenn ein fester Körper von gleichem specifischen Gewichte in eine Flüssigkeit getaucht wird, so kann er in Hinsicht seines Gewichtes als ein gleicher Theil der Flüssigkeit, in die er getaucht wird, betrachtet werden; er wird also in derselben so tief einsinken, dass seine oberste Fläche mit jener der Flüssigkeit ganz horizontal ist. Denn die unter ihm befindliche Säule des flüssigen trägt nun eben so viel, als wenn statt des festen Körpers eine gleich grosse Ausdehnung der Flüssigkeit selbst auf ihr ruhte, und so wie sich diese horizontal mit der übrigen Flüssigkeit stellt, so muss es also auch jener thun. Wenn man durch äussere Gewalt den festen Körper etwas tiefer unter die Oberfläche der Flüssigkeit drückt, so muss er — wenn sonst die ganze Flüssigkeit nicht bewegt wird — an jedem Orte ruhig stehen bleiben. Da er nähmlich, der Voraussetzung gemäss, von gleichem specifischen Gewichte ist, so gibt es keinen Grund, warum er gerade einen untern oder obern Platz einnehmen sollte. Wenn also ein Körper, statt, wie gewöhnlich, in der Luft, in eine Flüssigkeit von gleichem specifischen Gewichte getaucht, gewogen wird, so zeigt er gar kein absolutes Gewicht, weil er nähmlich von dem flüssigen ganz getragen und unterstüzt wird.

82. Ist der feste Körper specifisch schwerer als der flüssige, z. B. ein Stück Metall in Wasser, so fällt er

aus demselben Grunde darinn zu Boden, aus welchem Quecksilber in Wasser zu Boden fällt (§. 79.). Die Wassersäule nähmlich, auf die er gelegt wird, ist nun schwerer als die benachbarten, sie treibt diese also in die Höhe, welche ihrerseits von oben wieder auf den festen Körper herabfliessen, um die horizontale Oberfläche herzustellen, und es wird nicht eher Ruhe, als bis der feste Körper den Boden des Gefässes erreicht hat. So viel von dem absoluten Gewichte des festen Körpers, als eine gleiche Ausdehnung des flüssigen wiegt, wird aber von dem letzteren immer getragen; mit diesem wirkt er nun nicht mehr auf die Wage: jeder specifisch schwerere, feste Körper verliert also in einem flüssigen so viel von seinem absoluten Gewichte, als eine gleiche Ausdehnung des letzteren wiegt. Wenn man daher weiss, wie viel ein fester Körper in einem tropfbaren von seinem absoluten Gewicht verliert, so weiss man auch, wie viel eine mit dem festen Körper gleiche Ausdehnung des flüssigen wiegt. — Kein Körper sinkt also im Wasser mit einer Kraft unter, die seinem ganzen Gewichte gleich ist, sondern mit einer Kraft, die dem Überschusse seines Gewichts über jenes des Wassers unter derselben Ausdehnung gleich kommt.

Daher kann es geschehen, dass ein Mensch Körper, wenn sie im Wasser eingetaucht sind, zu tragen im Stande ist, die er in der Luft nicht tragen könnte; weil ihm nähmlich das Wasser tragen hilft. Ein Mensch ist z. B. nicht im Stande einen grossen dicken Balken wegzutragen, bringt er ihn aber ins Wasser, so kann er sich noch vom Balken tragen lassen, ohne unterzugehen. Ein Pudel ist im Stande einen ins Wasser gefallenen Menschen bis ans Ufer zu bringen, den er auf dem Lande gewiss nicht tragen oder fortschleppen könnte.

83. Wird ein fester Körper z. B. weiches Holz, auf einen specifisch schwereren, flüssigen z. B. Wasser gebracht, so taucht er so lange ein, bis die unter ihm befindliche Wassersäule mit allen Nebensäulen ein glei-

ches Gewicht hat. Tauchte er ganz ein, d. h. bis sein oberster Punkt mit der Wasserfläche horizontal wäre, so würde diese Säule nicht so schwer seyn, als die Nebensäulen, weil nähmlich auf ihr, statt des specifisch schwereren Wassers, nun eine gleiche Ausdehnung des specifisch leichteren Holzes ruht. Es würde also unten von den Nebensäulen so lange Wasser zuströmen, bis diese Säule mit den Nebensäulen von demselben Durchmesser ein gleiches Gewicht hat; der feste Körper würde über die Wasserfläche herausgehoben werden. Der feste Körper kann also in den flüssigen nur so weit eintauchen, bis er eine Quantität des letzteren verdrängt hat, die seinem eigenen absoluten Gewichte gleich ist. Je leichter er also ist, desto weniger taucht er ein, und desto mehr ragt er hervor; so wie in zwey communicirenden Röhren die specifisch leichtere Flüssigkeit z. B. Öhl in dem einen Schenkel immer höher stehen muss, als die specifisch schwerere z. B. Wasser in dem andern. Darauf gründet sich das Schwimmen der Körper, und umgekehrt können wir schliessen, dass ein Körper, der auf einer Flüssigkeit schwimmt, specifisch leichter ist als diese. Ein in einem schwereren flüssigen untergetauchter leichterer fester Körper steigt mit einer Kraft in die Höhe, die dem Unterschiede des specifischen Gewichts beyder gleich ist. Daher ist ein Mensch nicht im Stande ein grosses Stück Holz unterzutauchen.

In Flüssigkeiten von gleichem specifischen Gewicht verliert ein fester Körper sein ganzes absolutes Gewicht; in Flüssigkeiten von geringerem specifischen Gewichte verliert er nur einen Theil seines absoluten Gewichts; in Flüssigkeiten von grösserem specifischen Gewichte verliert er noch mehr als sein ganzes absolutes Gewicht, denn man kann ihm noch etwas Gewicht zu legen, ohne dass er auf die Wage wirkt.

Man kann auch specifisch schwerere Körper auf dem Wasser schwimmen machen, wenn man ihnen, ohne ihre Masse zu

vermindern, eine Figur gibt, dass sie mehr als ihr Gewicht Wasser verdrängen, ohne dass dieses in sie eindringen kann. So kann man Schiffe aus Kupferblech (Pontons) machen; so wie sich solche Schiffe aber mit Wasser füllen, sinken sie unfehlbar. So schwimmt der Mensch, der doch etwas specifisch schwerer ist als Wasser, wenn er seine Brusthöhle erweitert, obschon er dazu auch durch die zweckmässige Bewegung der Extremitäten viel beytragen kann. So schwimmen Leichname, wenn sie in einer gewissen Periode der Fäulniss durch häufig entbundene Luftarten aufgetrieben werden. Leere, zugestopfte Flaschen schwimmen, mit Wasser gefüllt sinken sie unter. — Auch durch Verbindung mit specifisch leichteren Körpern können specifisch schwerere zum Schwimmen gebracht werden. Darauf beruht die Anwendung der Skaphander, Schwimmgürtel, der sogenannten Kamele d. h. leeren Fässer, womit man die gesunkenen Schiffe wieder an die Oberfläche des Wassers bringt.

84. Taucht man einen und denselben festen Körper z. B. von grösserem specifischen Gewichte nach einander in mehrere Flüssigkeiten von verschiedenem specifischen Gewichte, so verliert er in den leichteren weniger, in den schwereren mehr von seinem absoluten Gewichte; weil eine gleiche Ausdehnung der specifisch leichteren weniger wiegt, als der specifisch schwereren, und ein specifisch schwererer fester Körper in den flüssigen so viel von seinem Gewichte verliert, als ein gleiches Volumen der letztern wiegt. Daher kann ein Körper auf einer Flüssigkeit schwimmen, und auf einer andern untergehen.

So schwimmt ein Ey auf einer gesättigten Salzlauge, und geht in reinem Wasser unter. So schwimmt ein massives Stück Eisen auf Quecksilber, da es doch sonst in allen tropfbaren Körpern zu Boden sinkt. In einem See von Quecksilber könnte es ein Mensch mit aller Anstrengung nicht dahin bringen, unterzutauchen; durch Hineinspringen könnte er sich wohl erschlagen, aber nicht ertränken. Dagegen geht Erlenholz in Alkohol unter, da es doch auf Wasser schwimmt. Desswegen schwimmen Menschen im Meerwasser leichter, als

in süssem Wasser. Daher müssen Seeschiffe, die gerade so viel geladen haben, als sie ohne unterzugehen tragen können, etwas ausladen, wenn sie in Flüsse fahren wollen. Wenn man die Höhe, Länge, Breite und Figur des ins Wasser eingetauchten Theils des Schiffes weiss, so kann man leicht berechnen, wie viel das Schiff sammt der Ladung wägt: man macht diesen Raum zu Kubikfussen, und multiplicirt diese Zahl mit 56, 4 — dem Gewichte eines Kubikfusses Flusswasser. — Bey der Anleitung zur Bestimmung des specifischen Gewichts und bey der Areometrie wird von diesen Sätzen Gebrauch gemacht werden.

Die Lehre von dem Gleichgewichte fester Körper heisst die *Statik*; die Lehre von dem Gleichgewichte tropfbarer Körper *Hydrostatik*; die Lehre von der Bewegung tropfbarer Körper *Hydraulik*.

85. Die elastisch flüssigen oder luftförmigen Körper haben mit den tropfbaren die leichte Verschiebbarkeit der Theile gemein, unterscheiden sich aber von denselben durch den ungleich höhern Grad von expansiver Elasticität. Diese ist so gross, dass wir die Gränzen noch gar nicht kennen, welche der Ausdehnsamkeit oder Zusammendrückbarkeit dieser Körper gesetzt sind. Wir nehmen die Luft — der Kürze wegen statt elastischflüssiger Körper — nur in einem meistens, wenigstens durch das Gewicht der Asmosphäre zusammengedrückten Zustande wahr. Wie dieser Druck vermindert wird, dehnt sie sich aus, und die Räume, welche sie einnimmt, verhalten sich umgekehrt, wie die drückenden Kräfte. Eine Luftsäule also, die durch 4 Pfund zusammengedrückt ist, wird noch ein Mahl so hoch, wenn der Druck um zwey Pfund vermindert wird. Dieser grosse Grad von expansiver Elasticität scheint auf das Vorherrschen der abstossenden Kraft zu deuten. Von derselben Ursache mag auch das geringere specifische Gewicht herrühren, wodurch sich luftförmige von allen tropfbaren und festen Körpern unterscheiden, und daher in Ge-

meinschaft mit diesen immer die obersten Räume einnehmen.

86. Von den elastisch flüssigen Körpern behalten einige diesen Zustand bey der grössten Compression und bey dem grössten Grade von Kälte, denen wir sie bisher haben aussetzen können; diese heissen permanent elastische Flüssigkeiten, auch eigentliche *Luft-* oder *Gasarten*. Dahin gehört z. B. unsere atmosphärische Luft, die man in Windbüchsenflaschen in sehr zusammengepresstem Zustande durch mehrere Jahre aufbewahrt hat, ohne dass sie von ihrer Elasticität das geringste verloren hätte; indem man mit solchen Flaschen noch so gut schiessen konnte, als wenn sie eben erst gepumpt worden wären. Biot hat zwar Oxygen- und Hydrogengas durch blosses Zusammenpressen in Wasser verwandelt, allein hier darf die chemische Verwandtschaft der zwey Gasarten nicht übersehen werden. — Andere elastischflüssige Körper verlieren diesen Zustand, werden tropfbar oder fest, wenn sie sehr zusammengedrückt oder erkältet werden. Diese heissen *Dämpfe* z. B. Wasser-, Weingeist-, Quecksilber-, Arsenikdämpfe.

Man fängt an, sich nicht mehr streng an diese Terminologie zu halten, und nennt z. B. den Ammoniak im elastisch-flüssigen Zustande Ammoniakgas, obschon man ihn durch künstliche Kältegrade schon tropfbar werden gesehen hat; auch der Chlorine gibt man diesen Nahmen, obgleich sie schon bey mässiger Kälte zu einer krystallinischen Masse erstarrt; ja man hat diese Benennung noch jüngst sogar auf die, bey der gewöhnlichen Temperatur und unter dem gewöhnlichen Drucke der Atmosphäre fest erscheinende Jodine ausgedehnt.

87. Der Schauplatz unsers Wirkens, die Oberfläche der Erde ist allenthalben mit Luft umgeben. Diese dringt wegen ihrer Flüssigkeit und Elasticität in jeden Raum ein, der gerade von keinem andern Körper besetzt ist, wenn ihr nur der kleinste Zugang offen steht. Wollen wir daher Versuche im luftleeren Raume machen, so

müssen wir uns denselben durch künstliche Vorrichtungen und besondere Handgriffe verschaffen. Einen kleinen luftleeren Raum — *Torricellische Leere* — verschafft man sich z. B. über dem Quecksilber, wenn man eine mehr als 28 Zoll lange, an dem einen Ende zugeschmolzene, an dem andern offenen Ende umgekrümmte Röhre — Barometerröhre — mit Quecksilber füllt und dann umkehrt, dass das zugeschmolzene Ende oben ist. — Grössere, zwar nicht ganz luftleere, aber doch mit so verdünnter Luft, dass man ihre physischen Eigenschaften kaum mehr wahrnimmt, gefüllte Räume erhält man durch die *Luftpumpe*, deren ganze Einrichtung sich auf die zwey Haupteigenschaften der Luft, nähmlich auf ihre Flüssigkeit und Elasticität gründet. Die Hauptbestandtheile der Luftpumpe (antlea) sind der Recipient und die eigentliche Pumpe. Die Pumpe besteht aus dem Stiefel, d. h. einer metallenen Röhre, und dem Kolben, der in dieser Röhre luftdicht auf und nieder bewegt werden kann. Durch das Hinabdrücken des Kolbens, wird die Luft aus dem Stiefel hinausgetrieben, die Luft aus dem Recipienten verbreitet sich in den beym Hinaufziehen des Kolbens im Stiefel entstehenden leeren Raum, und wird dadurch verdünnt; indem sie bey derselben Masse nun einen grösseren Raum einnimmt, als vorher. Die Ventille sind so angebracht und eingerichtet, dass sie die Luft aus dem Stiefel wohl in die Atmosphäre, aber aus dieser nicht zurück,. dann beym Aufziehen des Stempels die Luft aus dem Recipienten in den Stiefel, aber beym Niederdrücken des Stempels nicht wieder in den Recipienten zurückströmen lassen. — Durch öfteres Wiederhohlen der beschriebenen Manipulation kann die Verdünnung der Luft immer weiter getrieben werden, bis endlich bey einem gewissen Grade von Verdünnung die grössere oder geringere Vollkommenheit der Maschine der weiteren Verdünnung Gränzen setzt.

Aus dem Gesagten erhellet, dass man durch Luftpumpen die Luft in Recipienten wohl sehr verdünnen, aber doch nie daraus vollständig vertreiben, folglich keinen ganz luftleeren Raum hervorbringen kann; obschon ein Raum mit sehr verdünnter Luft — *Guerikische Leere?* — öfters so genannt wird. — Da die Luft bey der möglich grössten Verdünnung, die man bisher noch hervorzubringen im Stande war, den Raum ganz erfüllet, so lässt uns diess auf einen Grad von Elasticität schliessen, dessen Gränzen wir gar nicht kennen.

Von Otto Guerike, Bürgermeister zu Magdeburg um das Jahr 1650 erfunden, ist die Luftpumpe von Robert Boyle, Hook, Papin, Gravesand, Senguerd, Leupold, Nollet, Hauksbee, vorzüglich aber von Smeaton und Cuthberson auf mannigfaltige Art verändert und vervollkommnet worden. S. Kastners Lehrbegriff der gesammten Mathematik IV. B. Gehlers physikalisches Wörterbuch 3. und 5. B. Der wesentlichste Unterschied besteht darinn, dass einige Luftpumpen mit Hähnen, andere mit Ventillen sind, wovon jede Art ihre eigenen Vortheile, aber auch wieder ihre Nachtheile hat. Vom Hrn. Baader und Hindenburg sind hydraulische Luftpumpen vorgeschlagen worden.

88. So wie sich luftartige Körper sehr verdünnen lassen, ohne ihren Zustand zu ändern, so behalten die eigentlichen Gasarten diesen Zustand auch bey der grössten Verdichtung. Man kann durch eine kleine Veränderung die Luftpumpe so einrichten, dass sie, statt die Luft aus einem gesperrten Raume auszuziehen, neue Luftmengen hineintreibt, und die Luft also in diesem Raume verdichtet, comprimirt. Wir können diess täglich bey dem Pumpen der Windbüchsenflaschen sehen. Die Elasticität nimmt mit der Stärke der Compression zu und kann bis zu Graden gesteigert werden, dass sie ausserordentliche Wirkungen leistet.

Davon geben uns die Windbüchsen ein Beyspiel, obschon auch die so oft angestaunten Wirkungen des Schiesspulvers nur Erfolge der durch dass Verbrennen desselben erzengten

Luftarten sind, derer Elasticität noch dazu durch die zugleich erzeugte Wärme sehr vermehrt worden ist. Auch die Wirkungen des Belagerungsgeschützes der Alten, ihrer Katapulten und Balisten beruhte auf Elasticität, nur nicht auf der Elasticität der Luft, sondern auf jener der Stricke.

Von dem Gebrauche der Luftpumpe, dieser sinnreichen und für das Fortschreiten der Naturlehre so erspriesslichen Vorrichtung, wird in dem Abschnitte von der Atmosphäre häufig die Rede seyn.

89. Die Flüssigkeit, Elasticität, das geringe specifische Gewicht der Luftarten und der Umstand, dass wir uns immer in einem Luftmeere befinden, welches so gern alle übrigen Luftarten aufnimmt, macht bey der Behandlung derselben eigene Geräthschaften und Handgriffe nothwendig, um sie gehörig einschliessen und aus einem Gefässe in das andere bringen zu können. So wenig als man Wasser aus einem Gefässe in das andere im Wasser selbst überfüllen kann, eben so wenig kann man Gasarten in der atmophärischen Luft aus einem Gefässe in das andere versetzen. Man muss diese Geschäfte also in tropfbaren Körpern verrichten. Unter diesen ist das Wasser der gemeinste, und lässt sich am leichtesten behandeln. — Man bedient sich dessen also bey Gasarten, die sich mit dem Wasser nicht verbinden, oder sonst von demselben verändert werden. Um das Letzte zu vermeiden, ist es manchmahl nothwendig warmes Wasser anzuwenden. Gasarten, welche ohne eine Veränderung zu erleiden weder mit kalten noch mit warmen Wasser in Berührung gebracht werden dürfen, behandeln wir in Quecksilber. — Da die luftartigen Körper immer specifisch leichter sind als die tropfbaren, so lassen sie sich nicht so aus einem Gefässe in das andere bringen, wie tropfbare Körper in der Luft, dass man das leere (eigentlich mit Luft gefüllte) Gefäss etwas tiefer stellt, und aus dem vollen die Flüssigkeit hinein fallen lässt, die dann die

Luft aus dem sogenannten leeren Gefässe verdrängt und ihren Platz einnimmt; sondern bey dem Ueberfüllen von Luftarten muss man gerade umgekehrt verfahren. Aus dem mit einer Gasart zu füllenden Gefässe muss erst die darin vorhandene, atmosphärische Luft verdrängt werden. Man füllt es also mit Wasser, dann kehrt man es unter dem Wasser so um, dass der Boden oben und die Mündung unten, und letztere auch immer unter der Oberfläche des Wassers zu stehen kommt. Dann bringt man die Flasche oder Glocke mit der zu überfüllenden Luft gleichfalls verkehrt unter das Wasser, neigt sie dann aber allmählig so, dass ihre Oeffnung gerade unter die Mündung der ersten Flasche oder Glocke zu stehen kommt. Nun wird in die untere Flasche das Wasser dringen, und die darinn enthaltene Luft wird in Blasen in die obere Flache steigen, aus der sie das Wasser verdrängt. Wenn dieses beyläufig nur noch einen Zoll hoch über dem Halse steht, stopft man die Flasche zu, stellt sie mit dem Halse in ein kleines Gefäss mit Wasser z. B. in ein Trinkglas, und kann sie nun, (wenn man das in dem Trinkglase verdunstete Wasser immer wieder ersetzt) ohne Verlust und Verminderung Jahre lang aufbewahren.

90. Um diese Handgriffe mit mehr Bequemlichkeit verrichten zu können, gibt man der Wasser- oder Quecksilberwanne eine eigene Einrichtung. Man befestigt nähmlich 5 bis 6 Zoll tief in derselben ein starkes Querbret, welches ein oder mehrere Löcher hat, die sich nach unten trichterförmig erweitern. Die Wanne muss immer so gefüllt werden, dass eine Ein oder zwey Zoll hohe Schichte der Flüssigkeit das Bret bedeckt. Nun bringt man z. B. die mit Wasser gefüllte Flasche umgekehrt, mit dem Halse immer unter der Oberfläche des Wassers, über das Loch und stellt sie dort auf, damit man sie nicht immer zu tragen brauche. Die mit Luft gefüllte Flasche kehrt man gerade unter dem hölzernen

Trichter um, durch den die Luft dann viel sicherer in die obere Flasche geleitet werden wird. Die so eingerichtete Wasserwanne (am besten von Holz, von innen mit Kupfer beschlagen) heisst man die *pneumatische Wasserwanne*, auch den *hydropneumatischen Apparat.* Die Quecksilberwannen werden wegen des grössern Gewichtes des Quecksilbers und wegen seines Einwirkens auf die Metalle am zweckmässigsten von Marmor, und wegen der Kostbarkeit des Quecksilbers mit allerley Raum ersparenden Vortheilen verfertigt. Sie heissen *pneumatische Quecksilber-Apparate* auch *hydrargyropneumatische Apparate.*

91. Die nicht *sperrbaren Flüssigkeit*, die *Incoërcibilien*, oder die *ätherischen Stoffe*, wohin bis jetzt der Licht- und Wärmestoff, die elektrische und magnetische Materie gehören, sind solche, die gar keine Gegenwirkung äussern, an denen man noch nicht die geringste Schwere wahrgenommen hat, die sich nicht nach Willkühr in Gefässe einschliessen lassen, und die man nur zur Erklärung gewisser Erscheinungen angenommen hat, ohne dass es noch ausgemacht ist, ob diesen Erscheinungen wirklich eigene, materielle Ursachen zum Grunde liegen, und ob sie nicht vielmehr Erfolge von Modificationen der allgemeinen Eigenschaften der Körper, und besondere Wirkungsarten der wesentlichen Grundkräfte jeder Materie sind. Die neuesten Naturforscher geben der letzteren Meinung immer mehr Wahrscheinlichkeit. Da die Sache noch nicht ausgemacht, und das System derjenigen, welche diese Erscheinungen einer materiellen Ursache zuschreiben, mehr ausgebildet ist, und da die Erscheinungen darnach besser gereihet sind; so wollen wir bey der Behandlung derselben auch die Vorstellungsart materieller Stoffe zum Grunde legen, ihr jedoch keinen höhern Rang als den einer schwankenden Hypothese einräumen.

Krystallisation.

92. Wenn die Cohäsionskraft ungestört, d. h. ohne merkliches Eingreifen fremder Kräfte wirken kann, so gibt sie den Körpern gewöhnlich eine regelmässige Gestalt, d. h. eine solche, bey der sich der Körper durch irgend einen Schnitt in zwey gleiche und ähnliche Hälften theilen lässt.

93. Die tropfbaren Körper nehmen, ihrer Cohäsionskraft allein überlassen, jene runden Kugelgestalten an, die wir *Tropfen* nennen. Die der Tropfenbildung ungünstigen Umstände sind die eigene Schwere der Flüssigkeit, dann die der Cohäsionskraft entgegenwirkende Anziehung von andern Körpern. Wegen der Schwere können nur kleine Massen von Flüssigkeiten Tropfen bilden, so wie die Masse grösser wird, erscheint der Tropfen plattgedrückt, und wird endlich ganz flach. Aus derselben Ursache werden hängende Tropfen länglicht gezogen. Die Anziehung der Theile des flüssigen Körpers unter einander — also seine Cohäsionskraft — muss immer grösser seyn, als die Anziehung des Körpers, auf dem er ruhet, sonst folgt er der letzteren und breitet sich auf ihm aus, so weit er kann, ohne Tropfen zu bilden. Daher bildet Wasser auf fetter Unterlage z. B. auf gewichsten Boden so leicht Tropfen, auf weichem Holze schwerer. Quecksilber zertheilt sich auf Glas in lauter kleine Kügelchen, auf Gold- oder Silberplatten zerfliesst es. Auf sehr harten, polirten Oberflächen bilden Flüssigkeiten leichter Tropfen, als auf rauhen.

Bey dem Herabfallen durch die Luft bilden sich leicht schöne runde Tropfen, weil die fremde Anziehung am wenigsten ins Spiel kommt. Darauf gründet sich die englische Schrottgiesserey, wo das Bley fein zertheilt, von hohen Gerüsten oder Thürmen herabgegossen wird, damit es noch in der Luft fest werde. Wenn mehrere Tropfen sich nahe kommen, so ziehen sie sich wechselseitig an, und fliessen in einen

grössern Tropfen, oder wenigstens in eine grössere flüssige Masse zusammen.

94. Mannigfaltiger sind die regelmässigen Gestalten, welche feste Körper annehmen, wenn ihre Massentheile der Cohäsionskraft ungehindert folgen können. Man nennt diese regelmässigen Gestalten *Krystalle*, und die Bildung derselben *Krystallisation*.

Krystall bedeutete ursprünglich Eis; später wurde diess Wort auch zur Bezeichnung des Bergkrystalls gebraucht, den die Alten für ein bey ausserordentlichen Graden von Kälte so fest gefrornes Eis hielten, dass es nun gar nicht mehr aufthaue. Noch später wurde diese Bedeutung auf alle regelmässige, durchsichtige Naturkörper ausgedehnt. Gegenwärtig sieht man auch den Krystallen die Durchsichtigkeit nach. Krystall wird auch als eine durch Selbstgestaltung zu einem von ebenen Flächen begränzten Körperganzen übergegangene Materie definiret. Einige fordern, dass ein Krystall von ebenen Flächen begränzt sey, wie diess wohl fast immer der Fall ist, andere wollen auch darauf keine Rücksicht nehmen.

95. Damit die Massentheile fester Körper der Cohäsionskraft ungehindert folgen können, müssen sie 1. frey beweglich seyn, 2. nicht von anderen einwirkenden Kräften in ihrer Folgsamkeit gegen die Cohäsionkraft gehindert werden.

Damit die Theile eines Körpers sich untereinander frey bewegen können, muss er flüssig seyn. Es kann also kein Körper krystallisirt werden, den man nich auf irgend eine Weise in flüssigen — tropfbaren oder gasförmigen — Zustand versetzen kann. Auch sind wir davon so sehr überzeugt, dass wir annehmen, jeder Körper, den wir krystallisirt sehen, müsse einmahl flüssig gewesen seyn, wenn wir auch bey einigen, z. B. beym Bergkrystalle die Art, wie er in den flüssigen Zustand versetzt worden ist, nicht kennen. Einen festen Körper kann man entweder durch Auflösen in einem flüssigen oder durch Schmelzen mittelst der Wärme flüssig ma-

chen. Die erste Methode wenden wir vorzüglich bey Salzen und ihnen ähnlichen Körpern, die letzte bey Metallen, Schwefel u. dgl. an. Damit nun aber ein flüssig gemachter Körper krystallisire, muss er wieder fest werden. Diess geschieht durch Entziehen des Auflösungsmittels, also entweder der auflösenden Flüssigkeit oder der Wärme. Wenn ein Körper bey dem Uebergange aus dem flüssigen Zustande in den festen eine regelmässige Gestalt annehmen soll, muss dieser Uebergang sehr allmählig und langsam geschehen, weil sonst zu gleicher Zeit zu viele Theile fest werden, wovon einer den andern hindert, dem Zuge der Cohäsionskraft frey zu folgen, und welche zusammen als eine grössere Masse auch der Einwirkung der Schwere schon mehr unterworfen sind. Die Salze, welche z. B. in Wasser aufgelöset werden, sind entweder im heissen Wasser in grösserer Menge als im kalten, oder in beyden gleich auflöslich. Die ersten krystallisirt man, wenn man eine gesättigte heisse Auflösung langsam erkalten lässt; die zweyten durch langsames Abdampfen mittelst künstlicher Wärme, oder noch besser durch freywilliges Verdunsten an der Luft. Auch kann man Salze durch Zusatz eines Körpers, der ihnen ihr Auflösungsmittel entzieht, krystallisiren. So schiesst das ammoniakalische schwefelsaure Kupfer (cuprum ammoniacum) und überhaupt alle schwefelsauren Salze in Krystallen an, wenn man ihren wässerigen Auflösungen Weingeist zusetzt. Eine aus einer ähnlichen Ursache entstandene Krystallisation sind die Metallbäumchen.

Um Metalle oder Schwefel schön zu krystallisiren, stösst man, so wie die geschmolzene Substanz beym langsamen Erkalten oben eine Kruste bekömmt, dieselbe durch, und giesst die noch darunter befindliche, flüssige Masse aus. Die untere Fläche dieser Kruste zeigt freye Krystalle. Giesst man die untere Flüssigkeit nicht aus, so krystallisirt sie auch, und die Krystalle legen sich so aneinander, dass man sie gar nicht

mehr wahrnehmen kann. Eine solche Krystallisation, so wie überhaupt, wenn man durch Uebereilung der Operation keine grossen, freyen, deutlichen Krystalle, sondern nur undeutlich krystallinisch aussehende Massen erhält, nennet man tumultuarisch.

Körper, welche durch die Hitze in Dampf verwandelt worden sind, bilden dann an den Oberflächen kalter Körper einen krystallinischen Sublimat. Beyspiele davon liefern uns die Benzoesäure, der Salmiak, der ätzende Quecksilbersublimat, die Jodine u. dgl. Die durch Absetzen eines in einer Flüssigkeit nicht aufgelösten, sondern bloss sehr fein zertheilten, festen Körpers entstandenen, den Krystallen etwas ähnliche Aggregate heissen Sinter, Tuffs, Stalactiten, Incrustationen; Nahmen, die auch manchmahl eigentlichen Krystallen gegeben werden, wenn sie, wegen Hindernissen bey ihrer Bildung, die geometrisch begränzte, regelmässige Figur nicht ganz deutlich, sondern nur in Spuren an sich tragen.

Der Uebergang des Wassers in Eis ist gleichfalls eine Krystallisation durch Entziehung von Wärme. Die regelmässigen Gestalten des gefrornen Wassers, können wir an den bey heftiger Kälte fallenden, kleinen Schneeflocken, dann an den Fensterscheiben im Winter deutlich bemerken. Wenn man zu krystallisirende Lauge auf den Teller der Luftpumpe unter eine Glocke mit sehr verdünnter Luft bringt, so wird die Krystallisation sowohl durch das Verdunsten als durch das Erkälten befördert: nur muss das letztere nicht bis zum Gefrieren des ungebundenen Wassers gehen.

96. Nach *Le Blanc* erhält man Salzkrystalle von jeder beliebigen Grösse, wenn man eine gehörig abgedampfte Salzlauge ruhig erkalten lässt, dann den noch flüssigen Antheil von den gebildeten Krystallen in ein Gefäss mit flachem Boden abgiesst, worinn sich nach und nach einzelne regelmässige Krystalle bilden. Von diesen wählt man die regelmässigsten, legt sie auf den flachen Boden

eines andern Gefässes in einiger Entfernung von einander, übergiesst sie mit der durch Abdunsten und Erkalten neuerdings krystallisirungsfähig — krystallrecht — gewordenen Lauge, wendet jeden Krystall des Tags wenigstens Ein Mahl auf eine andere Seite (denn die Seite, auf welcher der Krystall liegt, kann keine Zunahme erlangen) und fährt damit so lange fort, als sich die Lauge noch krystallrecht machen lässt, oder bis die Krystalle die gewünschte Grösse haben. Man darf aber ja nicht die Lauge zu lange über den Krystallen stehen lassen, ohne sie wieder zuzurichten; denn sonst wirkt sie, da durch die Anziehung der schon gebildeten Krystalle ihr Salzgehalt bis unter den Sättigungspunkt vermindert worden ist, wieder auflösend, welches man an dem Stumpfwerden der Ecken und Kanten bemerkt. Die unteren Schichten der Lauge enthalten immer mehr Salz, als die oberen, daher kann es bey grösseren Krystallen geschehen, dass sie aus derselben Lauge unten noch zunehmen, von der sie oben schon wieder aufgelöset worden.

Die Anziehung schon gebildeter Krystalle gegen aufgelöste gleichartige Materien benützet man auch, um zwey in derselben Flüssigkeit gelöste Salze zu trennen. Wenn man in eine Lauge von Glaubersalz und Salpeter einen oder mehrere Salpeterkrystalle wirft, so schiesst Salpeter an; wirft man Glaubersalzkrystallen hinein, so bringen diese das Glaubersalz zum Krystallisiren.

97. Auch andere äussere Einflüsse als Licht, Elektricität u. dgl. sind im Stande die Krystallisation zu befördern und zu hindern. Finsterniss ist der Krystallisation von leichtlöslichen und durch Erkalten krystallisirbaren Salzen günstig. — In verschlossenen Gefässen krystallisiren Laugen — selbst das Wasser — nicht so leicht als in offenen, welches man dem verhinderten Entweichen des freygewordenen Wärmestoffs zuschreibt. — Eine besondere Erscheinung beym Krystallisiren ist auch

das *Effloresciren* oder *Auswachsen*, wenn sich nähmlich weit über der Oberfläche der krystallisirenden Flüssigkeit an den Wänden, ja an den Rändern des Gefässes meistens undeutliche, Feder-Blätter- oder Röhrenförmige Krystallanflüge zeigen, wodurch öfters, wie durch Haarröhrchen nach und nach die ganze Flüssigkeit in die Höhe, ja über den Rand des Gefässes weg gesaugt wird. Das blausaure Natron besitzt diese Eigenschaft im vorzüglich hohen Grade. Die Ursache davon mag wohl theils in der starken Adhäsion der Flüssigkeit gegen die Gefässwände, theils in dem Ansetzen des Dunstes, der immer etwas vom Salze mitführt, an dieselben zu suchen seyn.

98. Die auf trockenem Wege krystallisirten, dehnbaren Körper werden spröde z. B. die Metalle. — Die aus tropfbarflüssigen Auflösungsmitteln krystallisirenden Salze, nehmen immer eine grössere oder geringere Menge Wasser mit in den festen Zustand, welches dann *Krystallisations-* oder *Krystallwasser*, auch *Krystalleis* heisst. Nebst diesem festen, eigentlichen Krystallwasser enthalten grössere Krystallmassen gewöhnlich auch noch aufgesaugtes, tropfbares Wasser, oder etwas von der Mutterlauge. Die Salze, welche im heissen Wasser viel löslicher, als im kalten sind, und daher durch Erkalten einer gesättigten, heissen Auflösung anschiessen, z. B. Glaubersalz, Salpeter u. dgl., nehmen gewöhnlich eine grössere Menge Krystallisationswasser auf, als jene, welche im heissen und kalten Wasser fast gleich auflöslich sind, und daher durch Verdunsten krystallisirt werden müssen, z. B. das Kochsalz. Der krystallisirte Weinstein soll gar kein Krystalleis enthalten.

99. Weil von mehreren in einer Flüssigkeit aufgelösten Salzen nicht alle zu gleicher Zeit oder unter denselben Umständen oder in derselben Form krystallisiren, so ist das Krystallisiren ein sehr gewöhnliches Mittel, verschiedenartige Salze von einander zu trennen. So trennt man das Digestivsalz vom Salpeter, das Euchlorid des

Kali vom gemeinen Digestivsalze, Glaubersalz von Salmiak u. dgl. m.

100. Die Krystalle wurden sonst nach zufälligen Aehnlichkeiten mit andern Dingen benannt; so hatte man z. B. spahn-oder spathartige, federartige, nadelförmige, baumartige Krystalle u. dgl. Jetzt benennet man sie nach ihrer Aehnlichkeit mit den regelmässigen, geometrischen Körpern. So sagen wir, das Kochsalz krystallisire in Würfeln, der Alaun in Octaëdern, der Salpeter in 6 seitigen Prismen mit 6 seitigen oder auch 18 seitigen Endpyramiden; das salpetersaure Natron in Rhomben u. s. w. Nur die aus der Anhäufung dieser einzelnen Krystalle gebildeten Gruppen benennen wir nach andern zufälligen Aehnlichkeiten. So heisst es: die Würfel des Kochsalzes häufen sich treppenförmig, die Krystalle des Salmiaks federartig, die des essigsauren Baryts sternförmig an u. dgl.

101. Wenn man grössere, feuerbeständige Krystalle z. B. Schwerspath, glühend in kaltes Wasser wirft, so zerspringen sie in lauter kleine Krystalle, die dem grossen entweder ähnlich sind, oder von seiner Figur abweichen. Dasselbe kann man bey nicht feuerbeständigen Krystallen durch Zerklüftung oder mit dem Messer thun. Man wird nähmlich an jedem einige Stellen finden, wo sich Blätter mit dem Messer viel leichter wegnehmen lassen, und wo die Schnittfläche so glänzend ist, als es der Krystall an seiner Oberfläche war. — Die Mineralogen nennen diess den blätterigen Bruch, und die Richtung desselben den Durchgang der Blätter. — Wenn man nun mit dem Wegnehmen der Blätter von allen Seiten, wo es sich thun lässt, eine Weile fortfährt, so erhält man endlich einen Krystall, der oft eine ganz andere (obschon auch immer regelmässige, geometrische) Figur als der grössere Krystall, allein bey derselben krystallisirten Substanz stets die nähmliche hat. Diese Figur heisst man die *Kerngestalt* oder

die *primitive Form* des Krystalls; die Gestalt des grösseren Krystalls hingegen, aus dem sich auf die genannte Weise der Kern herausschälen lässt, heisst die *sekundäre Form.* Die sekundäre Form ist der primitiven ähnlich, wenn die Theilung parallel mit allen Seitenflächen des grossen Krystalls geschehen kann; sonst sind die zwey Formen von einander verschieden. So kann man aus der 6 seitigen Säule des Kalkspaths einen verschobenen Würfel, (Rhomboëder); aus dem Dodekaëder des geschwefelten Eisens gleichfalls einen Würfel herausschälen. Die sekundären Krystallgestalten eines und desselben Körpers in chemischer Hinsicht, sind öfters sehr verschieden — so findet man z. B. von dem kohlensauren Kalke 60 verschiedene Krystallisationen —; allein aus allen sekundären Krystallformen desselben Körpers lässt sich die nähmliche Kerngestalt z. B. aus allen 60 Krystallisationen des kohlensauren Kalks ein verschobener Würfel herausschälen. Aus den Krystallen eines andern Körpers wird man nie gerade dieselbe Kerngestalt bekommen; sollte sie auch wieder ein Rhomboëder seyn, so wird dieses andere Winkel haben.

Daher gehört nach dem Mineralsysteme von Hauy, die primitive Gestalt der Krystalle unter die Hauptunterscheidungszeichen der Fossilien, wie sie denn auch wirklich bey krystallisirten Körpern unter den äusseren noch das zuverlässigste ist. Schade nur, dass es bloss auf diese beschränkt bleiben muss, indem bey weitem nicht alle Mineralkörper in bemerkbar krystallinischen Formen vorkommen, und die Kunst dieselben, ihrer chemischen Natur unbeschadet, nicht krystallisiren kann.

102. Man kennt bis jetzt nur 6 Kerngestalten oder primitive Formen, nähmlich: 1. das *reguläre Tetraëder* oder die dreyseitige Pyramide, 2. das *Parallelepipedum,* eine von 6 Flächen eingeschlossene Gestalt, wovon immer zwey parallel laufen; dieses kann rhomboidalisch,

kubisch u. dgl. seyn; 3. das *Oktaëder*, ein von 8 dreyeckigen Flächen eingeschlossener Körper. Die Dreyecke sind nach Verschiedenheit der Gattung gleichseitig, gleichschenkelich oder ungleichseitig. 4. Das *reguläre 6seitige Prisma* mit 6 Seiten und zwey Grundflächen. 5. Das *Dodekaëder*, dessen 12 Flächen lauter gleiche und ähnliche, verschobene Vierecke — Rhomben — sind, also das Rhomboidaldodekaëder. 6. Ein anderes *Dodekaëder*, welches aus 12 gleichschenkelichen Dreyecken, also aus zwey mit den Grundflächen verbundenen 6seitigen Pyramiden besteht. — Manche von diesen Kerngestalten kommen auch unter den sekundären Formen vor z. B. das 6seitige Prisma, eine von den sekundären Formen des kohlensauren Kalks, die als Kerngestalt das Rhomboëder hat.

103. Diese Kerngestalten lassen sich noch weiter theilen und zwar entweder parallel mit ihren Flächen, oder auch, wiewohl seltener, nach andern Richtungen, bis endlich das Verschwinden der Theile unter dem menschlichen Auge der ferneren Theilung Gränzen setzt. Diese Massetheile heisst *Hauy*, der Erfinder der ganzen bisher dargestellten Krystallisationstheorie, *integrirende Molekuls*. Diese sind nur dreyer Formen fähig und zwar der geometrisch einfachsten: sie stellen nähmlich entweder eine *3seitige Pyramide*, Tetraëder, oder *ein 3seitiges Prisma* oder ein *Parallelepiped* dar. So sind die Massentheile des primitiven 6seitigen Prisma, wenn es parallel mit allen seinen Flächen weiter getheilt wird, 3seitige Prismen; des Rhomboidaldodekaëders Tetraëder; des Rhomboëders, z. B. des kohlensauren Kalks, wieder Rhomboëder u. s. w. — Alle 6 Kerngestalten lassen sich durch die verschiedene Art der Verbindung von diesen 3erley Formen der Massetheile darstellen. Da man nun annehmen muss, dass bey Körpern von derselben chemischen Beschaffenheit die Gestalt der Massetheile und die Art ihrer Verbindung immer dieselbe,

sey, so folgt daraus, dass auch die primitive Form ihrer Krystalle immer dieselbe seyn muss.

Einige wollen die drey Formen der integrirenden Molekuls auf Eine zurückführen, und theils das Tetraëder, theils das Hexaëder dafür erklären.

104. Aus der Kerngestalt und aus den dreyerley gestalteten Massetheilen, dann aus der verschiedenen Art ihrer Verbindung erklärt *Hauy* sehr anschaulich das Entstehen der sekundären Krystallformen. — Die Massetheile setzen sich nähmlich schichtenweise auf die Flächen der Kerngestalt an (Jede Schichte kann man sich wieder aus Reihen von Massetheilen bestehend vorstellen), so dass der Krystall beym Vergrössern gleichsam mit lauter krystallinischen Blättchen umhüllt wird. Die aufliegenden Schichten sind aber mit den unteren der Kerngestalt bey weitem nicht immer von gleicher Grösse, sondern nehmen stuffenweise ab, wie sie sich vom Kern entfernen. Dieses Abnehmen geschieht dadurch, dass die Schichten entweder gleichlaufend mit den Kanten oder mit den Ecken der Kerngestalt Reihen von Molekuls auslassen. Dieses Wegfallen von Molekulsreihen nennt Hauy die *Dekrescenz* und nimmt davon 4 Arten an; 1. *an den Kanten*, also Wegfallen derjenigen Molekulsreihen, die mit den Kanten des Kerns korrespondiren; 2. *an den Ecken* oder Winkeln, also parallel mit der Diagonale der Seitenflächen des ursprünglichen Kerns; 3. Dekrescenz, die parallel mit Linien geschieht, die schräg zwischen der Diagonale und den Kanten gezogen sind, nennet er *intermediär*; 4. da endlich in jeder Schichte nicht bloss eine, sondern mehrere Reihen von Molekuls wegfallen können, oder da nicht in *jeder* Schichte, sondern erst immer nach 2, 3 oder 4 Schichten eine Reihe wegfallen kann, wo dann die aufgeschichteten Blättchen nicht die Dicke Eines, sondern von 2, 3 oder 4 Molekuls haben: so nennet Hauy die

letzteren zum Unterschiede von der ersteren *gemischte Dekrescenz.* Er bezeichnet diese Dekrescenz durch Brüche, derer Nenner die Dicke der Blättchen, der Zähler die weggefallenen Molekulsreihen anzeigt: z. B. $\frac{2}{3}$ zeigt an, dass erst immer nach einer Zunahme von 3 Schichten ein Wegfallen Statt findet, und dass dann immer 2 Molekulsreihen wegfallen.

Aus diesen zahlreichen Modificationen der Dekrescenz erkläret Hauy das Entstehen der auch noch so zahlreichen sekundären Formen bey derselben Kerngestalt. Aus dem Rhomboëder, — der Kerngestalt des kohlensauren Kalkes — lassen sich durch Berechnung 8388604 sekundäre Formen ableiten, da man an dem Kalkspathe, der doch die grösste Mannigfaltigkeit von sekundären Formen zeiget, deren bisher nur 60 kennet.

Ausfuhrlichern Unterricht über Krystallographie findet man in: *Hauy's Abriss der Theorie von der Struktur der Krystalle;* in Grens neuem Journal der Physik II. S. 418. s. f *Hauy's Anfangsgründe der Physik*, übersetzt von Weisse. Leipzig 1804. 8. *Hauy's Lehrbuch der Mineralogie* übersetzt von Karsten und Weisse. Paris und Leipzig 1803. 8. Beym mündlichen Unterrichte muss die Krystallographie durch künstliche, zum Zerlegen eingerichtete Krystallformen aus Holz, Gyps oder Metall versinnlicht werden.

105. Wenn man nun weiter nach den Ursachen der verschiedenen Modifikationen der Dekrescenz fragt, wodurch aus der Kerngestalt so viele sekundäre Formen entstehen: so findet man dieselben 1. in dem quantitativen Verhältnisse der Bestandtheile des krystallisirenden Körpers. So krystallisiret der gewöhnliche, säuerliche Alaun in Oktaëdern, mit einer grösseren Menge Alaunerde verbunden oder neutralisirt in Würfeln; und so bilden die Mittelverhältnisse zwischen beyden Krystalle, die entweder den Oktaëdern oder Würfeln mehr ähnlich sind. Ein oktaëdrischer Alaunkrystall in eine Lauge gebracht, aus der Würfel anschiessen, wird darin auch in

einen Würfel verwandelt, und so umgekehrt. Ein kleiner Unterschied in dem Verhältnisse der Bestandtheile, welches doch oft sehr schwer genau zu treffen ist, kann also schon von bedeutenden Unterschieden in der sekundären Krystallform die Ursache seyn. 2. In der *Verschiedenheit des Auflösungsmittels.* So krystallisirt Kochsalz aus reinem Wasser in Würfeln, aus Harne in Oktaëdern; der Salmiak umgekehrt aus reinem Wasser in Oktaëdern, aus Harne in Würfeln. 3. *In der beym Krystallisationsgeschäfte befolgten Methode.* So geben manche Salze z. B. der kleesaure Ammoniak durch langsames Verdunsten in der Luft andere Krystalle, als wenn das Abdampfen durch künstliche Wärme befördert wird. 4. In andern *zufälligen Einflüssen* z. B. des Lichts, der Elektrizität u. dgl.

106. Wenn man den Ursachen nachforscht, warum die Massetheile eines und desselben Körpers sich nur immer nach der nähmlichen Regel verbinden und dieselben primitiven Formen oder Kerngestalten darstellen: so wird man leider mit Unzufriedenheit gewahr, dass diese Ursachen jenseits des Gebieths menschlicher Forschungen liegen. Jene, welche diese Gränzen unseres Wissens nicht anerkennen wollen, meinen mit der Annahme etwas erklärt zu haben, die Massetheile besitzen Polarität, d. h. entgesetzte Punkte, wovon einige, wie die freundschaftlichen Pole eines Magnets, anziehend, andere, wie die feindlichen Magnetpole, abstossend auf einander wirken; die Massetheile können sich also nur mit den freundschaftlichen Polen, folglich immer nur in derselben Richtung mit einander verbinden. Beym Krystallisiren mancher Substanzen bemerkt man durchs Mikroskop solche wechselseitige Anziehungen und Abstossungen, ehe die Theile sich bleibend verbinden.

2) Von der heterogenen Verwandtschaft.

a. Zwischen grösseren Massen ohne Veränderung ihrer wechselseitigen Natur.

107. Dass auch verschiedenartige Körper sich wechselseitig anziehen, wenn sie mit einander in Berührung gebracht werden, wird durch unzählige Erscheinungen bewiesen. Wenn zwey Cylinder, einer von Bley, der andere von Zinn, mit ihren sehr ebenen, glattgeschabten Grundflächen drehend fest aneinander gedrückt werden, so kann man sie nur mit einiger Gewalt wieder trennen. Mittelst dieser Verwandtschaft werden zwey Breter durch den Leim, zwey Steine durch den Mörtel, zwey zusammengelöthete Metalle durch ein drittes — das Loth — fest zusammen gehalten. Dass auch feste und tropfbare Körper sich wechselseitig anziehen, kann man beweisen, wenn man eine Wage so stellt, dass das Ende eines ihrer Arme gerade über ein Gefäss zu stehen kömmt, welches mit verschiedenen Flüssigkeiten z. B. Wasser, Quecksilber, Öhl, Weingeist u. dgl. gefüllt werden kann. Statt der Wagschale hängt man an diesen Arm Platten, z. B. runde Scheiben von verschiedenen Stoffen, aber gerade von demselben Durchmesser. Jede dieser Scheiben setzt man mit der Wagschale am andern Arme ins Gleichgewicht. Nun lässt man die Wage so weit herab, dass die Platte die Flüssigkeit berührt, und legt in die jenseitige Wagschale so lange Gewichte, bis die Platte losgerissen wird. Die zugelegten Gewichte zeigen den Grad von Stärke, mit dem die feste Platte von der Flüssigkeit festgehalten, d. h. angezogen wird. Durch diesen Versuch wird man finden, dass Platten von gleichem Durchmesser aber von verschiedenen Stoffen von derselben Flüssigkeit; und dass dieselbe Platte von verschiedenen Flüssigkeiten nicht mit gleicher Kraft angezogen wird; ferner dass bey Platten von einerley

Stoff aber verschiedenen Durchmessern die Stärke der Anziehung mit diesen, also mit der Berührungsfläche im geraden Verhältnisse stehet.

108. Von der Stärke der Anziehung zwischen einem festen und flüssigen Körper hängt es ab, ob ersterer von letzterem *benetzt* d. h. *nass werden* kann oder nicht. Zieht der feste Körper die Theile des flüssigen mehr an, als diese sich unter einander anziehen oder cohäriren, so wird der feste Körper nass, im umgekehrten Falle bleibt er trocken. So wird die Hand, Holz, Glas, Eisen im Wasser nass; aus Quecksilber werden sie trocken gezogen: dagegen hängt sich das letztere wieder an Gold, Bley, Zinn, die davon benetzt werden. — Aus derselben Ursache fällt eine kleine Menge Wasser, die aus der Mündung eines gläsernen Gefässes herausgelassen wird, nicht gleich herab, sondern bleibt z. B. an dem Schnabel so lange hängen, bis durch das Hinzukommen einer neuen Menge sein Gewicht so sehr vermehrt wird, dass dieses die Anziehung des Glases zum Wasser überwindet. Daher sehen wir auch, dass der Tropfen vor dem Fallen immer etwas lang gezogen wird. Je grösser die Anziehung des Gefässes zur Flüssigkeit, je grösser die Cohäsion und je geringer das specifische Gewicht der letzteren ist, desto grösser müssen die Tropfen werden, ehe sie fallen. Das Tropfenbilden oder Zerfliessen von kleinen Mengen flüssiger Körper auf gewissen festen Unterlagen, beruht, wie schon oben gesagt wurde, auf demselben Grunde. Die nähmliche Ursache liegt auch der Erscheinung zum Grunde, dass einige Flüssigkeiten in Gefässen von einer gewissen Materie z. B. von Glas eine convexe andere eine concave Oberfläche haben. Eine convexe Oberfläche bilden solche Flüssigkeiten, die in sehr kleinen Mengen auf dem Stoffe des Gefässes Tropfen bilden, wo also die Anziehung der Theile des flüssigen unter einander grösser ist, als die Anziehung des festen zum flüssigen. Desswegen

fliesst Quecksilber in gläsernen Gefässen, so wie alle in irdenen Schmelztiegeln geschmolzenen Metalle mit einer convexen Oberfläche, die gleichsam das durch die Schwere vereitelte Bestreben zur Tropfenbildung anzeigt. Werden die Theile der Flüssigkeit von den Wänden des Gefässes stärker angezogen als sie sich unter einander anziehen, so steigt die enthaltene Flüssigkeit an den Wänden etwas in die Höhe und bildet also eine concave Oberfläche, wie wir sie am Wasser, Weingeiste u. dgl. in gläsernen Gefässen bemerken. In einem Gefässe von Wachs, von Caoutchouc, oder in einem von innen mit Fett bestrichenen gläsernen Gefässe bildet das Wasser eine convexe, in einem goldenen, zinnernen oder bleyernen Gefässe das Quecksilber eine concave Oberfläche. — Genau derselbe Erfolg wird unter den angegebenen Umständen an der äusseren Oberfläche bemerkt, wenn man Cylinder von den genannten Stoffen in die genannten Flüssigkeiten eintaucht. Um einen gläsernen in Quecksilber gesteckten Stab bildet sich eine Furche; um einen in Wasser getauchten steiget dieses etwas in die Höhe.

Einige Flüssigkeiten rinnen, wenn man sie aus einem vollen Gefässe ausgiessen will, gern an der äusseren Wand des Gefässes herab und trennen sich davon erst an dessen Boden. Diess thun nur immer solche Flüssigkeiten, die vom Gefässe stark angezogen werden. Diese Anziehung hat, da die Flüssigkeit hier über eine schiefe Ebene herabfliesst, ohnehin nur die relative Schwere derselben zu überwinden. Kann das Gefäss ganz wagrecht geneigt werden, so hört die schiefe Ebene auf, und die Anziehung müsste also die ganze Schwere der Flüssigkeit überwinden. Kann das Gefäss noch mehr als wagrecht geneigt werden, so müsste die Flüssigkeit über eine schiefe Ebene hinaufsteigen. Daher hat das Herabrinnen der Flüssigkeit an der äusseren Wand des Gefässes um so weniger statt, je mehr dieses geneigt werden kann. Die Schnäbel sollen diese Neigung vergrössern helfen. Wasser, Öhl, vorzüglich aber Äther fliessen sehr gern am Gefässe hinab: Flüssigkeiten die vom Gefässe nicht stark angezogen werden, thun diess nicht; so kann man z. B. Quecksilber

aus einem ganz vollen gläsernen Gefässe ohne diese Gefahr ausgiessen.

Capillarität.

109. Je kleiner der Durchmesser des Gefässes ist, wie z. B. in engen gläsernen Röhren, desto deutlicher kann man die concave oder convexe Oberfläche bemerken, weil das Verhältniss der Einwirkung des Gefässes gegen die Masse des Flüssigen zunimmt. Wenn der Durchmesser der Röhren sehr eng wird, z. B. eine Linie oder darunter beträgt, so heisst man sie *Haarröhrchen*. Wenn man ein gläsernes Haarröhrchen in ein Gefäss mit Wasser senkrecht eintauchet; so findet man das Wasser in dem Röhrchen beträchtlich über die Libelle erhaben, und zwar um so mehr, je kleiner der Durchmesser des Röhrchens ist. Wenn man an der äusseren Wand eines solchen Röhrchens einen Tropfen Wasser herablaufen läst, so wird er mit grosser Gewalt und Schnelligkeit in dem Röhrchen hinaufgezogen, sobald er an die untere Mündung desselben gekommen ist. Dasselbe findet auch bey Röhrchen aus andern Materien statt, die vom Wasser benetzt werden: bey Röhrchen aber aus solchen Stoffen, die vom Wasser nicht benetzet werden, erhebt es sich nicht im Geringsten über die Libelle. Wenn man gläserne Röhrchen in Quecksilber taucht, so erhebt das Quecksilber sich nicht allein nicht über die Libelle, sondern dringt in dasselbe, wenn es sehr enge ist, nicht einmahl ein. In goldenen Haarröhrchen würde das Quecksilber sich wieder über die Libelle erheben. — Bey Fortsetzung der Versuche findet man, dass sich Flüssigkeiten nur in Haarröhrchen von solchen Stoffen über die Libelle erheben, die von ihnen benetzet werden, und zwar um so höher, je kleiner der Durchmesser ihrer Bohrung ist. Die Länge des Haarröhrchens hat gar keinen Einfluss auf das Steigen. Aber auch von solchen Flüssigkeiten, welche die Materie des Haarröhrchens be-

netzen, erheben sich nicht alle gleich hoch. Die Höhe, bis auf welche sie sich über die Libelle erheben, steht auch mit dem specifischen Gewichte der Flüssigkeit nicht im umgekehrten Verhältnisse, wie man vermuthen sollte. Wenn z. B. das Terpenthinöhl von 0,792 specifischen Gewicht sich in einem Haarröhrchen 1,35 Zoll über die Libelle erhebet; so erhebet sich verdünnte Schwefelsäure von 1,205 specifischen Gewicht um 2,70 Zoll. In gläsernen Haarrörchen (mit denen die meisten Versuche angestellt worden sind, weil sich in ihnen wegen ihrer Durchsichsigkeit die Erscheinungen am besten beobachten lassen) von gleichem Durchmesser, erheben sich jene Flüssigkeiten höher, die auch in andern Versuchen (§. 107) eine grössere Verwandtschaft zum Glase äussern, und zwar um so höher, je mehr diese Verwandtschaft die Cohäsionskraft ihrer Theile unter einander übertrifft. Man muss also annehmen, dass die Übermacht der Anziehung von Seite des festen Körpers, aus dem das Haarröhrchen besteht, über die Cohäsionskraft der Theile der Flüssigkeit untereinander, das Steigen der letzteren verursacht. So wie diese Übermacht der Anziehung in Röhren von grösserem Durchmesser die Flüssigkeit nur an den Wänden etwas erhebet, weil sie der grösseren Masse der letzteren nicht gewachsen ist: so hebet sie die kleine Masse derselben in Haarröhrchen ganz in die Höhe.

Weitbrecht hat gefunden, dass die Höhe, zu welcher sich das Wasser in gläsernen Haarröhrchen über die Libelle erhebet, mit dem Durchmesser im umgekehrten Verhältnisse stehet. In einem Haarröhrchen von $\frac{1}{2}$ Linie im Durchmesser erhebet sich das Wasser um 1 Zoll, von $\frac{1}{4}$ Linie im Durchmesser um 2 Zoll, von $\frac{1}{8}$ Linie im Durchmesser um 4 Zoll, von $\frac{1}{16}$ Linie im Durchmesser um 8 Zoll u. s. w.

110. Die Capillarität oder die Kraft, welche das Wasser in den Haarröhrchen in die Höhe zieht, macht es auch zwischen zwey sehr nahe an einander gestellten

Glastafeln in die Höhe steigen. Zwischen zwey unter einem sehr spitzigen Winkel mit einander verbundenen Glastafeln, die gleichsam eine Reihe von immer enger werdenden Haarröhrchen darstellen, bildet das Wasser eine krumme Linie, die man Hyperbel heisst. — Durch die Capillarität lassen sich sehr viele in der Natur vorkommende Erscheinungen erklären. Wenn man ein senkrecht hängendes Stück ungeleimtes Papier mit dem untersten Ende in Wasser taucht, wird nach und nach das ganze Stück nass. Wir bemerken dieses täglich an unsern Filtern, die bis an den Rand nass werden, wenn nur in ihre Spitze eine Flüssigkeit gegossen wird; obschon diess nicht mit allen Flüssigkeiten gleich gut geschieht. Ein Haufen Sand wird bis an die Spitze nass, wenn er nur unten im Wasser steht; eben so ein Stück Zucker, das man auf eine nasse Tase legt. So steigt das Öhl oder das geschmolzene Wachs und Unschlitt im Dochte einer brennenden Lampe oder Kerze. So kann man mittelst eines Dochtes, der mit einem Ende in eine Flüssigkeit, mit dem andern umgebogenen Ende in ein leeres Glas reicht, Wasser, Öhl u. dgl. aus einem Gefässe in das andere filtriren. In der Pflanzenphysiologie sind wir immer noch so weit zurück, dass wir der Behauptung, das Aufsteigen des Saftes in den Gewächsen geschehe durch Capillarität, nichts Entscheidendes entgegenzustellen wissen; so wenig als wir ihr alle Ansprüche auf Wirksamkeit in dem Lymphsysteme der Thiere streitig machen können. — Die Kraft, mit welcher elastische Haarröhrchen sich durch die aufgenommene Flüssigkeit ausdehnen, ist öfters erstaunenswerth. Die festesten Mühlsteine können gesprengt werden, wenn man Löcher in dieselben haut, diese mit trockenem Holze verkeilt und dann das Holz wiederhohlt mit Wasser begiesst. So kann man ein Fass sprengen, wenn man es mit trockenen Erbsen füllt und Wasser darauf giesst. Diess ist die Ursache des Anquel-

lens und Verkürzens der mit Wasser begossenen Stricke, welches bey der Aufrichtung des grossen 900000 Pfund schweren Obelisk vor der Peterskirche zu Rom unter Sixtus V. so gute Dienste geleistet hat. Einige leiten das Zusammenziehen, also die ganze Kraft der Muskeln aus einer ähnlichen Ursache her. Durch etwas Achtsamkeit auf täglich vorkommende Erscheinungen wird man die Zahl solcher Beyspiele sich schnell vermehren sehen.

Kriess fassliche Darstellung der Laplacischen Theorie der Haarröhrchen. In Gehlens Journal IX. 104. *Gilberts* Annalen der Physik XXXIII.

Erinnerungen aus Lichtenbergs Vorlesungen, über Erxlebens Anfangsgründe der Naturlehre. Von *Gottlieb Gamauf.* Wien 1808. I. 188. ff.

b. Von der heterogenen, die Natur der auf einander wirkenden Stoffe verändernden oder chemischen Verwandtschaft.

111. Die verschiedenartigen Stoffe, welche sich wechselseitig anziehen, lassen es nicht immer dabey bewenden, sich bloss zu nähern und wechselseitig in dieser Nähe festzuhalten, wie wir es bisher gesehen haben: sondern sehr oft geht diese Anziehung so weit, dass die verschiedenartigen Stoffe nicht *ausser* oder *neben* einander bleiben, sondern sich wechselseitig ganz *durchdringen*, dass man sowohl mit freyem als bewaffnetem Auge in der Verbindung einen von dem andern gar nicht mehr unterscheiden, und auch durch kein bloss mechanisch wirkendes Mittel mehr trennen kann. Die so innig verbundenen, auch noch so heterogenen Stoffe stellen dann einen für unsere Sinne ganz gleichartigen Körper dar, auf dessen Eigenschaften sich aus der bekannten Beschaffenheit der sich verbindenden Körper gar nicht schliessen lässt, in dem er oft ganz neue zeiget, oft eine oder die andere in einem Grade behält, der sich aus dem Grade, wie sie in den Körpern vor der Ver-

bindung vorhanden war, gar nicht berechnen lässt. — Die Verwandtschaft, welche solche Verbindungen zum Erfolge hat, heisst die *chemische Verwandtschaft*, weil ihre Wirksamkeit in dem chemischen Theile der Naturwissenschaft die vorherrschende ist: weil vorzüglich durch diese, mittelst neuer Verbindungen sowohl als mittelst Zersetzungen, neue Körper erzeugt und die Bestandtheile der schon bekannten nachgewiesen werden. Doch nimmt auch die homogene Verwandtschaft, die Cohäsion auf dieses Geschäft einen grossen Einfluss, indem sie ihre Kraft mit jener der chemischen Verwandtschaft, entweder zu demselben Zwecke vereinigt, oder der letzteren entgegenwirket.

112. Bey der näheren Behandlung der chemischen Verwandtschaft kömmt es vorzüglich auf die Erörterung der zwey Fragen an, wie sich verschiedenartige Substanzen zu einem neuen, dem Scheine nach gleichartigen Körper verbinden, und in welchem Verhältnisse diess geschehe.

Wie verbinden sich heterogene Stoffe mit einander zu einem neuen, dem Scheine nach gleichartigen Körper?

113. Es ist oben gesagt worden, dass zwischen allen ungleichartigen Körpern eine wechselseitige Anziehung Statt findet; und doch sehen wir, dass sich nicht alle ungleichartige Körper mit einander chemisch verbinden. Die Wirkung jener Anziehung muss also durch andere entgegenwirkende Kräfte vereitelt werden. Um die chemische Verwandtschaft im Streite mit den ihr im Wege stehenden Kräften gehörig betrachten zu können, müssen wir drey Fälle unterscheiden. a. Die Körper, die sich verbinden sollen, sind alle isolirt, d. h. in keiner andern Verbindung begriffen. b. Einer von den zu verbindenden Körpern ist schon mit einem andern ver-

bunden. c. Beyde von den zu verbindenden Körpern befinden sich schon in anderweitigen Verbindungen.

Die Verwandtschaft wodurch mehrere Körper mit einander verbunden sind, oder der Trennung widerstehen, heist die *ruhende*, jene aber wodurch Körper ihre alten Verbindungen zu verlassen und neue einzugehen streben, heisst die *trennende Verwandtschaft.*

114. Wenn mehrere isolirte, also in keiner andern Verbindung befindliche Körper sich mit einander verbinden sollen: so kann nur die Cohäsions- oder Expansivkraft der einzelnen Körper dieser Verbindung entgegenwirken. Soll also eine Verbindung erfolgen, so müssen diese überwältigt werden. Damit diess möglich werde, muss die Verwandtschaftskraft grösser seyn, als die Summe des Cohäsions- oder Expansivkräfte der zu verbindenden Körper; denn nur dann folgen die Körper der grössern Kraft, verbinden sich wechselseitig mit einander, und bilden nach neuen Cohäsionsgesetzen grössere Massen eines neuen Körpers. Ist die Verwandtschaftskraft nicht grösser als die Summe der beyden genannten Kräfte, so bleiben die Körper ihren alten, stärker wirkenden Kräften getreu und es erfolgt keine Verbindung. Wenn sich also zwey Körper chemisch nicht verbinden lassen, wie z. B. fettes Öhl und Wasser, so sagt man zwar, diese Körper haben keine Verwandtschaft zu einander, versteht aber darunter nur, dass die Verwandtschaft derselben gegen einander nicht so gross sey, als z. B. die Cohäsionskraft des Wassers und des Öhls zusammengenommen.

115. Es ist ein alter Erfahrungssatz, dass zwey starre Körper sich nicht chemisch verbinden, sondern dass wenigstens einer flüssig seyn muss. Daher das alte Axiom: *Corpora non agunt nisi fluida.* Da die Cohäsion, wenn auch nicht durchaus, doch meistens bey tropfbaren Körpern geringer als bey festen ist, so ist also meistens die Summe der widerstrebenden Kohäsionskräfte

geringer, wenn ein Körper tropfbar ist, und die Verwandtschaft zwischen zwey Körpern scheint nie so stark werden zu können, um ihre Kohäsionskräfte zu überwinden, wenn beyde fest sind. Die Beweglichkeit der Theile in flüssigen Körpern scheint die Wirkung der Verwandtschaftskräfte ebenfalls zu begünstigen. Die Summe der Expansivkräfte von zwey zu verbindenden luftartigen Körpern ist nicht immer so gross, um die chemische Verbindung zu verhindern. So verbindet sich Hydrogengas mit Oxygengas, mit Azot u. a. m. obschon auch alles, was ihre Expansivkraft vermindert, die chemische Verbindung befördert.

Einige Fälle, die man gegen die Allgemeinheit dieses Gesetzes anführt, beweisen wohl, dass feste Körper auf einander wirken, aber nicht dass sie sich als solche mit einander verbinden. z. B. Trockener salzsaurer Kalk und trockener Schnee verbinden sich erst dann, wenn der Schnee durch die Einwirkung des salzsauren Kalkes geschmolzen, d. h. tropfbar geworden ist.

116. Wenn sich also zwey oder mehrere feste Körper mit einander verbinden sollen, so ist das Erste, was geschehen muss, dass einer davon wenigstens in den tropfbaren Zustand versetzt werde; manchmahl ist diess auch bey beyden nothwendig. Dieses geschieht entweder durch Verbindung mit einem andern schon tropfbaren Körper — meistens mit Wasser — oder durch Erhitzen, also Schmelzen. Jenes heisst eine *Verbindung* oder *Auflösung* auf *nassem*, dieses auf *trockenem Wege*. So kann man ganz trockene Weinsteinsäure mit vollkommen trockener Kreide zusammenreiben, ohne dass eine Verbindung erfolgt, wird hingegen die Weinsteinsäure in Wasser aufgelöset, so wirkt sie sehr heftig auf die Kreide. Schwefel und Silber verbinden sich nicht, wenn der erstere nicht vorher geschmolzen wird.

117. Selbst wenn einer der Körper schon tropfbar ist, kann man doch die Auflösung sehr befördern und

beschleunigen, wenn man die Cohäsionskraft noch weiter schwächt. Ein vorzügliches, der Cohäsionskraft entgegenwirkendes und die Verwandtschaftskraft zwischen festen und tropfbaren Körpern also beförderndes Mittel ist die Erwärmung. Warmes Wasser löset alle Körper schneller, einige z. B. Salpeter auch in grösserer Menge auf, als kaltes Wasser. Bey der chemischen Einwirkung gasartiger Körper findet meistens gerade das Gegentheil Statt; denn hier befördert alles die Verbindung, was die Expansivkraft schwächt, welche aber durch Erwärmung gerade vermehrt wird. Kohlensaures Gas verbindet sich leichter mit kaltem als mit warmem Wasser. — Wenn sich gasförmige Körper mit festen verbinden sollen, muss ein Grad von Erwärmung angewendet werden, der die Cohäsionskraft der festen Körper in einem grösseren Verhältnisse schwächt, als er die Expansivkraft der gasförmigen vermehrt. Dieser Grad von Hitze lässt sich aber nur durch die Erfahrung finden. So verbindet sich bey mässiger Erhitzung der Braunstein mit einer grösseren Menge Oxygen aus der Atmosphäre, lässt aber bey heftigen Feuersgraden wieder einen Theil davon fahren. Dasselbe hat auch zwischen einigen tropfbaren, mit einer grossen Cohäsionskraft begabten und zwischen gasförmigen Körpern Statt. Bis nahe zum Siedepunkte erhitztes Quecksilber wird durch Anziehen von Oxygen aus der Atmosphäre in ein rothes Oxyd verwandelt; erhitzet man dieses aber dann weiter bis zum Glühen, so geht das Oxygen wieder in gasförmiger Gestalt davon. — Auch die Verbindung von zwey gasförmigen Körpern wird durch Erhitzung begünstigt, wenn letztere einen Verbrennungsprocess einleitet, wie diess der Fall bey der Erhitzung eines Gemenges von Oxygen- und Hydrogengas ist.

Wie sehr die Wirkungen der Verwandtschaftskraft von ihrem Verhältnisse zur Cohäsions- und Expansivkraft abhängig sind, wird durch mehrere auffallende Thatsachen erwiesen. Frisch

gefällte, breyartige Alaunerde löset sich sehr leicht in Schwefelsäure auf. Wird dieselbe Alaunerde getrocknet der Einwirkung der Schwefelsäure unterworfen, so geschieht die Auflösung schon viel langsamer Bey heftiger Glühhitze halbverglaste Alaunerde widersteht der Schwefelsäure so stark, dass wir diese, wie bekannt, in Gefässen aus Steingut oder Porzellain kochen können, ohne dass letztere im geringsten angegriffen werden. Zerschlägt man aber diese Gefässe und pulvert sie fein, so wird die Alaunerde wieder von der Schwefelsäure aufgelöset. — Dieselbe Erscheinung tritt ein, wenn die Cohäsionskraft durch andere Mittel sehr erhöhet worden ist. Der Saphir und Rubin, welche fast reine, auf einem uns unbekannten Wege krystallisirte Alaunerde sind, werden von den stärksten Säuren nicht angegriffen. Die gewöhnliche Kohle verbrennet, d. h. verbindet sich mit dem Sauerstoffe sehr schnell; der krystallisirte Kohlenstoff, der Diamant, nur äussert langsam und bey der Weissglühhitze.

118. Wenn ein Körper A, welcher einem andern B zur Verbindung dargebothen wird, sich selbst schon mit einem dritten C verbunden findet: so hat die Verwandtschaft zwischen A und B nicht bloss die Cohäsionskraft von dem Körper A C und dem Körper B, sondern auch die Verwandtschaftskraft des Körpers A zum Körper C zu überwinden. Der Körper A wird hier von zwey andern angezogen, nähmlich von C, mit dem er schon verbunden ist, und von B der Voraussetzung gemäss. Nun nehmen Einige (Bergmann) an, diese zwey Anziehungen wirken wie gerade entgegengesetzte Kräfte (§. 23), die stärkere überwältige die schwächere ganz, und wirke dann allein mit ihrem Überschusse an Kraft. Die Verwandtschaft des A zu C wird also nach dieser Meinung, von der stärker wirkenden Verwandtschaft des B zu A ganz aufgehoben, und der Körper A verbindet sich also ganz mit dem Körper B, wenn dieser in gehöriger Menge vorhanden ist, mit einer Kraft, die der Differenz der Anziehung von B und C zu A gleich ist. — Andere (Berthollet) behaupten hingegen, die Anziehungen von B und C zu A wirken wie zwey Kräfte unter einem Win-

kel, (§. 23), der Körper A müsse also jeder von den zwey Anziehungen so viel möglich folgen (in der Mechanik beschreibt dann der Körper die Diagonale); welches nur dann geschieht, wenn sich der Körper A zwischen die Körper B und C im Verhältnisse der Ziehkraft eines jeden vertheilet. Die Stärke der Anziehung richtet sich aber nach dem ursprünglichen bey verschiedenen Stoffen sehr ungleichen *Grade* der Verwandtschaft — Intensität der Verwandtschaft, Verwandtschaftsstufe — und nach der *Menge* der verwandten Theile, d. h. der Masse.

Auf der Verschiedenheit dieser zwey Annahmen beruht der Unterschied zwischen der Bergmannschen und Berthollerschen Verwandtschaftslehre.

Wenn also von C und B gleiche Massen auf A einwirken, so soll sich dieser nach dem Verhältnisse des Verwandtschaftsgrades unter C und B vertheilen: ist der Grad der Verwandtschaft zwischen B und A noch einmahl so gross, als zwischen C und A, so soll sich von dem Körper A noch einmahl so viel mit dem Körper B verbinden, als mit dem Körper C verbunden bleibt. Bey gleichen Verwandtschaftsgraden — angenommen, es gäbe derer — vertheilt sich A zwischen B und C nach ihrer Masse. Wenn also das Gewicht des zugesetzten Körpers B jenes des schon verbundenen Körpers C dreyMahl übertrifft: so wird auch die Menge des Körpers A, die sich mit B verbindet, jene, die mit C verbunden bleibt, drey Mahl übertreffen. Sind die Verwandtschaftsgrade und die Massen ungleich, so vertheilt sich der Körper A zwischen B und C nach dem Verhältnisse der Produkte aus der Menge eines jeden Körpers in seinen Verwandtschaftsgrad, wenn man beyde mit Zahlen ausdruckt. Wenn B zu A eine noch einmahl so grosse Verwandtschaft hat als C zu A: so kann man den Verwandtschaftsgrad zwischen B und A, mit 2, jenen zwischen C und A mit 1 ausdrücken. Gesetzt nun, von C seyen nur 5 Gran mit A verbunden, von B aber werden 10 Gran zugesetzt: so ist das Produkt aus dem Verwandtschaftsgrade und der Masse von C $1 \times 5 = 5$, und dasselbe Produkt von B $2 \times 10 = 20$. Es sollen sich also 20 Theile von A mit B verbinden, und nur 5 Theile mit C verbunden

bleiben; oder B wird sich von A vier Mahl so viel zueignen, als C für sich zu behaupten im Stande ist. — Der Fall, wenn jeder der zwey Körper, die sich mit einander verbinden sollen, schon in einer andern Verbindung begriffen ist, wird bald näher erörtert werden.

119. Aus der letzteren Annahme folgt, dass durch die blosse auch noch so grosse Verwandtschaftskraft eines dritten, zugesetzten Körpers, die schon bestehende Verbindung zweyer Körper nie ganz aufgehoben werden, und dass ein Körper das durch seine Masse ersezzen kann, was ihm an Verwandtschaftsintensität abgeht; dass ferner eine kleinere Menge des Körpers B von einer grösseren Menge des Körpers A viel fester, als diese von jener gehalten wird. Wenn also z. B. phosphorsaurem Kalke Schwefelsäure, die zum Kalke eine viel grössere Verwandtschaft als die Phosphorsäure hat, zugesetzt wird; so verbindet sich zwar ein Theil des Kalkes mit der Schwefelsäure, allein es bleibt auch immer ein Theil desselben mit der Phosphorsäure verbunden. Setzt man dem schwefelsauren Kalke im Gegentheil eine hinlänglich grosse Menge Phosphorsäure zu; so wird diese, ungeachtet ihrer viel geringeren Verwandtschaftsintensität, der Schwefelsäure eine beträchtliche Portion des Kalkes entziehen. So zersetzet die Phosphorsäure das salzsaure Bley, und die Salzsäure wieder das phosphorsaure Bley, u. d. m. Wenn Schwefelsäure mit viel Wasser verdünnt ist, so lassen sich die ersten Portionen desselben durch Destillation leicht abscheiden; dieses Abscheiden wird aber immer schwieriger, je geringer das Verhältniss des Wassers zur Schwefelsäure wird, und die letzten, kleinsten Mengen des Wassers werden endlich von der grösseren Menge Schwefelsäure so fest gehalten, dass sie sich durch Destillation gar nicht mehr trennen lassen. Dasselbe erfolgt bey dem Trennen der Verbindungen von Alkohol und Wasser; denn wer kennt nicht

die Schwierigkeit, jenem die letzten Portionen des Wassers zu entziehen und absoluten Alkohol darzustellen?

120. Das Produkt des Verwandtschaftsgrades eines Körpers in seine Masse, d. h. seine Gewichtseinheiten, heisst *das chemische Moment* oder die chemische Masse desselben. Die chemische Masse unterscheidet sich von dem Verwandtschaftsgrade eben so, wie das Gewicht von der Schwere (§. 45). So wie alle Körper gleich schwer sind, das Gewicht aber mit der Menge dieser gleich schweren Theile vermehrt wird: so kann bey gleichem Verwandtschaftsgrade die chemische Masse, von welcher eigentlich die Wirkung der Verwandtschaft abhängt, durch Vermehrung der gleichverwandten Theile vermehrt werden. Wenn also b von 1 a mit einer Kraft = 1 angezogen wird, so muss es von 2 a mit einer Kraft = 2 angezogen werden.

121. Da nun durch die blosse, chemische Verwandtschaft zwey verbundene Körper nie ganz getrennt werden können: so entsteht die Frage, wodurch denn die vollständigen Trennungen hervorgebracht werden, die wir doch in der Natur so häufig erfolgen sehen? So wird die Schwefelsäure aus ihrer Verbindung mit Kali oder Natron durch Baryt; so dass Silberoxyd aus der Verbindung mit Salpetersäure durch Salzsäure; so die Kohlensäure aus dem Kalke mittelst Schwefelsäure ganz abgeschieden. — Die Ursache dieser vollständigen Trennungen ist niemahls die chemische Verwandtschaft allein; sondern sie werden nur mit Beyhülfe anderer Kräfte und zwar der Cohäsions- und Expansivkraft bewirkt. Wenn zu einer Auflösung von schwefelsaurem Kali oder Natron eine Auflösung von Baryt gesetzt wird, so bildet der Baryt mit der Schwefelsäure, zu der er überdiess eine sehr grosse Verwandtschaft hat, einen Körper, der eine starke Cohäsionskraft besitzet; die Massentheile des neugebildeten Körpers verbinden sich also vermög dieser Cohäsionskraft und werden dadurch dem Kali oder Natron ganz

entzogen. Wenn man Schwefelsäure auf kohlensauren Kalk giesset, so verbindet sie sich Anfangs mit einer Portion des Kalkes. Durch die Entziehung dieser Portion wird die chemische Masse, mit welcher der Kalk auf die Kohlensäure wirkt, und ihre Expansivkraft überwältigt, geringer; dadurch gewinnt die Expansivkraft wieder das Übergewicht, die Kohlensäure folgt also der stärkeren Kraft und entweicht als Gas.

Wo also gasförmige oder vielmehr weniger unauflösliche Körper mit in das Spiel kommen, leidet das Gesetz, dass die Verwandtschaftserfolge von der Masse abhängig sind, eine Ausnahme. Der gasförmige Körper entweicht, der unauflösliche fällt zu Boden, und kann also dann nicht mehr durch seine Masse wirken.

Bergmannsche Verwandtschaftslehre.

122. Bergmann erkläret die chemische Verwandtschaft für eine absolute von der allgemeinen Anziehung unabhängige Kraft, die zwischen den kleinsten Theilen zwar aller ungleichartigen Körper aber nicht im gleichen Grade Statt findet. Eine vorhandene nähere Verwandtschaft hebe die gleichzeitige Wirkung einer entfernteren ganz auf. Wenn also die Körper A, B und C zugleich in ihre wechselseitige Wirkungsphäre kommen, der Körper A zwar mit C verwandt, die Verwandtschaft zwischen A und B aber näher — d. h. grösser — ist; so verbindet sich der Körper A mit B, und C bleibt ausser aller Verbindung, wenn er nicht zufällig mit dem neuentstandenen Körper A B auch eine Verwandtschaft hat, wo dann eine dreyfache Verbindung, oder der Körper A B C entstehet.

123. Nach besonderen, bey der wechselseitigen Einwirkung der ungleichartigen Stoffe eintretenden Umständen, und nach den verschiedenen Verhältnissen, in welchen sich die zu verbindenden Körper vor ihrer Verbin-

dung befinden, werden nach Bergmanns Verwandtschaftssysteme 4 Fälle als Verwandtschaftsarten mit besonderen Nahmen aufgeführt.

1. *Die Verwandtschaft der Zusammensetzung* oder *die mischende Verwandtschaft.* (Affinitas mixtionis) wenn zwey oder mehrere, ungleichartige Stoffe sich in solchen Verhältnissen befinden, dass sie sich mit einander verbinden können, ohne eine frühere Verbindung zu verlassen. Zu dieser Verwandtschaft reichen also zwey verschiedenartige Körper hin; es können ihrer aber auch mehrere seyn. Es dürfen dabey nur Verbindungen, aber keine Trennungen geschehen. Beyspiele von dieser Verwandtschaft geben die Auflösung von Salz oder Zucker in Wasser, von Harz in Alkohol, von Schwefelsäure und Wasser; die Verbindungen mehrerer Metalle — Metalllegirungen — u. dgl. m.

Die sogenannte *aneignende Verwandtschaft* (affin. appropriata), wenn ein Stoff A (Öhl), der mit dem Stoffe C (Wasser) sich nicht verbinden lässt, durch die Verbindung mit dem Stoffe B (Laugensalz, als Seife) darin auflöslich wird; dann die *vorbereitende Verwandtschaft* (aff. praeparans s. praeparata), wenn ein Stoff A (Silber), der mit C (Salzsäure) keine Verwandtschaft hat, durch eine vorhergehende Verbindung mit B (Salpetersäure) eine so nahe Verwandtschaft bekömmt, dass er B verlässt, um sich mit C (zu Hornsilber) zu verbinden; endlich die *neu erzeugte Verwandtschaft* (aff. producta), wenn ein Körper A (Gold) weder eine Verwandtschaft zu B (Laugensalz) noch zu C (Schwefel) äussert, sich aber mit dem Körper BC (Schwefelleber) verbindet u. a. m. müssen theils zu dieser, theils zur folgenden Verwandtschaftsvarietät gerechnet werden, wenn man nur nie aus dem Gesichte verliert, dass ein zusammengesetzter Körper ganz andere Eigenschaften haben, und daher auch ganz andere Verwandtschaftsgrade äussern könne, als man aus seinen Eigenschaften und Verwandtschaftsgraden vor der Verbindung zu vermuthen berechtigt ist. Das Öhl ist im Wasser nicht auflöslich, aber die Seife ist es. Durch die Einwirkung der Salpetersäure verbindet sich das Silber mit Oxygen, und Silberoxyd hat

zur Salzsäure eine nähere Verwandtschaft als zur Salpetersäure. Schwefelleber ist ein ganz anderer Körper als das Laugensalz und der Schwefel, er kann also das Gold auflösen, obschon diese es nicht vermögen. — Derselbe Grund reicht auch hin zu erklären, warum eine bestimmte Menge Wasser, in der ein Salz aufgelöset ist, von einem andern Salze manchmahl mehr aufzulösen vermag, als dieselbe Menge reines Wasser So nimmt — nach Vauquelin — eine gesättigte Lösung von schwefelsaurem Kali, Kalk oder von Alaun eine grössere Menge Kochsalz auf, als dasselbe Gewicht reines Wasser aufzunehmen vermag. Eine Salzlauge ist ein anderer Körper als reines Wasser, und kann also in einigen Fällen eine grössere, in andern eine geringere auflösende Kraft gegen andere Salze besitzen als reines Wasser.

2. Die *einfache Wahlverwandtschaft* (aff. electiva simplex) tritt dann ein, wenn auf zwey chemisch verbundene Stoffe AC ein dritter B einwirkt, der zu einem von beyden z. B. zu A eine nähere Verwandtschaft hat, als die zwey schon verbundenen Stoffe zu einander haben. Der Erfolg dieser Verwandtschaft ist, dass der zu B näher verwandte Stoff A den entfernter verwandten C verlässt, um sich mit B zu verbinden. Weil der Körper A nun gleichsam zwischen C und B sich den letzteren zur Verbindung auswählet, so hat der ganze Vorgang den Nahmen von Wahlverwandtschaft erhalten. — Bey dieser Verwandtschaft müssen wenigstens drey Stoffe thätig seyn; zwey schon verbundene und ein dritter neu hinzugekommener auf diese Verbindung einwirkender. Hier geschieht nicht nur eine neue Verbindung, sondern auch eine Trennung der alten. Der weniger verwandte Körper tritt entweder ganz ausser Verbindung oder verbindet sich mit dem neu erzeugten Körper als dritter Bestandtheil. Beyspiele dieser Verwandtschaft liefern uns: Die Fällung des Harzes aus seiner Verbindung mit Alkohol durch zugesetztes Wasser; die Zerlegung des Alauns durch Ammoniak, der Seife durch Schwefelsäure, der Kreide durch Salzsäure und dgl. m.

3. *Die zusammengesetzte Wahlverwandtschaft* (aff. electiva multiplex) kann nur dann Statt haben, wenn zwey Körper in die Sphäre ihrer wechselseitigen, chemischen Wirksamkeit kommen, wovon jeder wenigstens zwey Bestandtheile hat. Der eine Körper bestehe aus AB, der zweyte aus CD. Da A mit B und da C mit D verbunden ist, so muss A mit B und C mit D verwandt seyn. Diese zwey Verwandtschaften heissen die *ruhenden* und die Stärke beyder zusammen genommen, die *Summe der ruhenden Verwandtschaften.* Da alle Körper mit einander Verwandtschaft haben, so hat auch A zu C und B zu D Verwandtschaft; diese zwey Verwandtschaften heissen die *trennenden,* und beyde zusammen genommen die *Summe der trennenden Verwandtschaften.* Es kommt nun darauf an, ob die Summe der trennenden Verwandtschaft grösser oder kleiner als die Summe der ruhenden ist. Im letzteren Falle bleibt alles beym Alten. Ist aber die Summe der trennenden Verwandtschaften grösser, so fragt es sich wieder, ob der Überschuss zureicht die Cohäsions- oder Expansivkräfte der Körper AB und CD zu überwinden. Vermögen die trennenden Verwandtschaften mit ihrem Überschusse auch diess, so folgen die Körper der stärkeren Kraft, A verbindet sich mit C zu einem neuen Körper AC und B mit D zu BD. — Zu dieser Verwandtschaft gehören nothwendig wenigstens 4 Stoffe, wovon immer zwey und zwey zu einem Körper verbunden sind. Es geschehen immer zwey Trennungen und meistens, aber nicht immer, zwey neue Verbindungen. Man unterscheidet daher auch die *nothwendige* von der *zufälligen* mehrfachen Wahlverwandtschaft. Bey der ersten ist die *Summe* der trennenden Verwandtschaften nothwendig, um die alten Verbindungen aufzuheben; bey der letzteren ist *Eine* der trennenden Verwandtschaften der Summe der ruhenden schon so überlegen, dass sie allein die alten Verbindungen aufzuheben und neue hervorzubringen im Stande ist; wo also die zweyte, tren-

nende Verwandtschaft nur unnöthiger Weise mithilft, oder sich fast ganz unthätig verhält. Im letztern Falle entsteht dann manchmahl nur Eine neue Verbindung.

Beyspiele von nothwendiger, mehrfacher Wahlverwandtschaft: Kaliseife und Kochsalz werden dadurch in Natronseife und salzsaures Kali verwandelt; aus kohlensaurem Kali und schwefelsaurem Baryt entsteht dadurch schwefelsaures Kali und kohlensaurer Baryt. — Beyspiele von zufälliger, mehrfacher Wahlverwandtschaft mit zwey neuen Verbindungen: Salzsaurer Baryt und schwefelsaures Natron, wo die Verwandtschaft des Baryts zur Schwefelsäure, die der Salzsäure zum Baryt und die der Schwefelsäure zum Natron zusammen genommen übertrifft. Die zwey neu entstandenen Körper sind Schwerspath und Kochsalz. Ein Beyspiel von zufälliger mehrfacher Wahlverwandtschaft mit Einer Verbindung liefert uns die Zerlegung der schwefelsauren Alaunerde durch kohlensauren Ammoniak, wobey sich der Ammoniak mit der Schwefelsäure verbindet, die Kohlensäure aber, statt sich mit der Alaunerde zu verbinden, entweicht.

4. *Die neuerzeugende* oder die *disponirende Verwandtschaft* (aff. producens) hat dann Statt, wann zwey Körper A und B, die keine zur Verbindung hinreichende Verwandtschaft besitzen, sich doch mit einander verbinden, so bald ein dritter Körper C in ihre Wirkungssphäre kommt, der auch weder zu A noch zu B, wohl aber zu dem Compositum aus beyden, also zu AB, eine Verwandtschaft hat. Der Körper C disponirt also hier die Körper A und B sich gleichsam gegen ihre Neigung zu verbinden, damit er selbst sich mit dem neu entstandenen Produkte vereinigen kann. Z. B. Das in der Atmosphäre vorhandene Oxygen und Azot haben keine so grosse Verwandtschaft, dass sie sich unter den gewöhnlichen Umständen mit einander zur Salpetersäure verbinden; wirkt aber ein Laugensalz, welches auch weder zum Oxygen noch zum Azot, wohl aber zur Salpetersäure

eine grosse Verwandtschaft hat, auf diese zwey gasförmigen Stoffe, so bewirkt sie, dass sich das Oxygen mit dem Azot zu Salpetersäure verbindet, die sich dann das Laugensalz zueignet. Durch diese Verwandtschaft geschieht die Zerlegung des Wassers in verdünnter Schwefelsäure durch Eisen, die Bildung des Vitrioläthers, die Zerlegung vieler thierischen und vegetabilischen Substanzen durch concentrirte Schwefelsäure u. dgl. m.

Berthollet'sche Verwandtschaftslehre.

124. Berthollet erkläret die chemische Verwandtschaft für keine absolute, sondern für eine von der allgemeinen Anziehung abhängige Kraft, die in allen Körpern — obschon mit verschiedenen Graden von Intensität — vorhanden ist, daher auch alle Körper ein Bestreben sich zu einem gleichartigen Ganzen zu verbinden besitzen. Diesem Streben aller verschiedenartigen Materien zu einer allgemeinen Verbindung wirken aber andere Kräfte entgegen. Wo also bey der Berührung ungleichartiger Substanzen keine Verbindung erfolgt, dürfe man nicht auf gänzlichen Mangel oder Schwäche der Verwandtschaft, sondern nur auf vorhandene Hindernisse schliessen. Es gibt, nach Berthollet, gar keine Wahlverwandtschaft, obschon die Verwandtschaft zwischen verschiedenen Körpern eine verschiedene Stärke, d. h. Intensität besitzen kann. In ihren Wirkungen ist die Verwandtschaft nicht nur von dieser ursprünglichen Intensität, sondern auch von der mechanischen Masse der einwirkenden Stoffe abhängig. Das Produkt aus der mechanischen Masse in die Verwandtschaftsintensität nennt er die chemische Masse, besser das chemische Moment. Er nimmt ferner an, dass alle Verbindungen nur im Verhältnisse zu dieser chemischen Masse erfolgen. Wenn also dem Körper A die zwey mit ihm verwandten Körper B und C zugesetzet werden, so vertheilet sich A unter B und

C im Verhältnisse ihrer chemischen Masse (§. 118.). Die chemische Verwandtschaft allein bewirke bloss Verbindungen, nie Trennungen; wenn man diese daher erfolgen sieht, so sind sie immer Erfolge der Einwirkung anderer Kräfte, z. B. der Cohäsions- und Expansivkraft.

Nach Siegwart ist die chemische Masse das Produkt aus der Verwandtschaftsintensität in die Dichtigkeit.

125. Aus diesen Grundsätzen entwickelt Berthollet folgende Lehrsätze seines Verwandtschaftssystems:

1. Alle Materien sind mit einander verwandt und können sich also unter den gehörigen Bedingungen — z. B. des flüssigen Zustandes — *in allen quantitativen Verhältnissen* zu einem neuen Ganzen vereinigen. Wo keine Verbindung erfolgt, sind entgegenwirkende, fremde Kräfte als hindernde Ursachen da; und wo Verbindungen nur in bestimmten Verhältnissen geschehen, werden auch der Verwandtschaft, durch dieselben hindernden Ursachen, Gränzen gesetzt. Ohne diese Hindernisse muss sich also der Körper A mit jedem andern Körper verbinden und 1 A verbindet sich so gut mit 100 B als 1 B mit 100 A.

2. Den Zustand der scheinbaren Ruhe, welcher eintritt, wenn die Verbindung zweyer Stoffe wirklich erfolgt ist, nennet Berthollet, dem Sprachgebrauche nicht angemessen, *Sättigung.* Wenn also A mit 1 B wirklich verbunden ist, heisst es eben so gesättigt, als wenn A mit 100 B verbunden ist. Die verschiedenen quantitativen Verhältnisse, in welchen zwey Materien verbunden seyn können — und die nach Lehrsatz 1 unzählig seyn müssen, heissen *Mischungsverhältnisse.* Zwischen Salzgrundlagen und Säuren ist ein Mischungsverhältniss möglich, wo sie ihre eigenthümliche, chemische Wirksamkeit ganz einbüssen; dieses heisst *Neutralität* (Keinerleyheit) —

3. Je grösser die Menge der einen Materie ist, die sich mit der andern verbunden findet, desto stärker wird

die letzte gebunden. A wird durch 100 C hundert Mahl so fest gehalten als durch 1 C. Umgekehrt wird die grössere Menge der einen Materie von der kleinern Menge der andern um so weniger fest gehalten, je kleiner diese ist. 100 C werden durch A hundert Mahl weniger fest gehalten, als 1 C von A gehalten wird.

4. Je mehr eine Materie C von einer andern A in Vergleich mit einer dritten B erfordert, um mit beyden ein gleiches Sättigungsverhältniss einzugehen, desto näher ist C mit A verwandt. Von zwey Materien also, wovon die eine schon in einer geringen Menge auf eine dritte Materie so stark wirkt, als die andere nur in einer grösseren Menge auf dieselbe dritte Materie zu wirken vermag, ist die erste der dritten näher verwandt, als die zweyte. Wenn 1 A den Körper C schon in einem Grade sättiget, wie es nur 2 B zu thun im Stande sind, so ist dem Körper C der Körper A noch einmahl so nahe verwandt als der Körper B.

5. Was einer Materie an ursprünglicher Verwandtschaftsintensität gegen eine gewisse andere Materie abgeht, kann ihr durch Vermehrung der Menge d. h. der mechanischen Masse ersetzt werden und umgekehrt. Wenn die Verwandtschaft von A zu C noch einmahl so stark ist als jene von B zu C; so kann man die Wirkung von B der von A gleich machen, wenn man von B ein noch einmahl so grosses Gewicht als von A nimmt.

6. Die Wirksamkeit einer Materie A auf eine andere B nimmt in dem Verhältnisse ab, als diese sich der Sättigung nähert. Es nimmt nähmlich in demselben Verhältnisse der eine Faktor des chemischen Moments, die mechanische Masse ab.

7. Die Neigung mehrerer, auf einander chemisch einwirkender Stoffe, sich wegen der Cohärenz ihrer (denkbar) kleinsten Theile zu unlöslichen oder wenigstens zu schwerlöslichen und daher leicht krystallisirbaren Körpern zu verbinden, bewirkt Zerlegungen, die

man sonst der Wahlverwandtschaft zugeschrieben hat; so wie umgekehrt dieselbe Ursache auf schon gebildete schwerlösliche oder unlösliche Körper die chemische Wirksamkeit hindert. Auf diese Weise wird die Schwefelsäure aus ihrer Verbindung mit Kali mittelst Baryt ganz ausgeschieden. Aus derselben Ursache wirkt die Salpetersäure auf den Schwerspath oder Gyps so wenig.

8. Die Efflorescenz (§. 97) oder die Eigenschaft verschiedener Materien, sich über die hinlänglich feuchte Masse, welcher sie beygemischt sind, zu erheben, bewirkt öfters dort eine Zerlegung, wo sie sonst nicht erfolgt wäre. Über einem Brey aus salzsaurem Natron und Kalk wittert auf diese Weise kohlensaures Natron aus.

9. Die Neigung verschiedener in Mischung begriffener Materien in einen elastisch flüssigen Zustand überzugehen, wohin auch die Verflüchtigung verschiedener Materien durch Erwärmung gehört, bewirkt auch häufig Zersetzungen und Ausscheidungen mittelst der Expansivkraft, die sonst nicht erfolgt wären, und die Bergmann der Wahlverwandtschaft allein zuschreibt. So scheidet sich die Kohlensäure aus den kohlensauren Salzen sowohl durch andere Säuren, als auch durch die Wärme leicht ganz aus.

Unter den die Verwandtschaftserfolge modificirenden Einflüssen, sollten wohl auch die elektrischen und dann vorzüglich auch die Lebenskraft aufgezählt werden.

126. Die Phänomene von Bergmanns einfacher Wahlverwandtschaft, werden nach Berthollets Grundsätzen so erkläret. Wenn zwey Körper A und C mit einander verbunden sind, und es kommt ein dritter Körper B dazu, der mit A Verwandtschaft hat, so theilt sich A zwischen B und C im Verhältnisse ihrer chemischen Masse (§. 118.) Die Körper B und C können nun aber von A nicht mehr so fest gehalten werden, als C vor dem Hinzukommen

des B gehalten wurde, weil jetzt A einen Theil seiner Anziehung von C weg gegen B richten muss: die Verbindung ist also loser und andere, der chemischen Verbindung entgegenwirkende Kräfte können diese geringere Anziehung nun leichter überwinden. Wenn also C eine grosse Expansivkraft oder AB eine grosse Cohäsionskraft besitzet, so können diese zwey Kräfte nun das Übergewicht bekommen. Die Körper folgen aber immer der stärkeren Kraft, C wird sich also in dem gegebenen Falle verflüchtigen, und A B als ein unauflöslicher oder schwerlöslicher Körper ausgeschieden werden.

127. Die Erfolge der doppelten Wahlverwandtschaft erkläret Berthollet auf nachstehende Weise: Wenn der Körper AB (schwefelsaures Natron) und CD (salzsaurer Baryt) durch überwiegende Verwandtschaftskräfte auf einander wirken; so entsteht zuerst aus beyden zusammengesetzten Körpern eine weitere Zusammensetzung ABCD (aus Salzsäure, Schwefelsäure, Baryt und Natron). Wenn nun aber eine die chemische Verwandtschaft überwiegende Cohärenz zweyer, oder auch mehrerer der vereinigten Materien z. B. des Baryts mit der Schwefelsäure, eintritt; so scheiden sich diese aus und das Gemische aus den noch übrigen Stoffen bleibt in der Auflösung zurück. Sind aber alle Verbindungen der 4 in Wirksamkeit befindlichen Stoffe leicht löslich, so erfolgt keine Trennung, sondern es bleibt eine 4fache Verbindung in der Auflösung. Dasselbe, was von der Unlöslichkeit und Schwerlöslichkeit gesagt worden ist, gilt auch von den verschiedenen Graden der Krystallisirbarkeit als einer Folge der letzteren, und lässt sich auch leicht auf die mannigfaltigen Stuffen der Flüchtigkeit anwenden.

128. Vergleicht man beyde Verwandtschaftssysteme, so wird man das Berthollet'sche mit den bey anderen Erscheinungen in der Natur befolgten Gesetzen, vorzüglich aber mit der Wirkungsart der allgemeinen Anziehung

mehr übereinstimmend finden, — wesswegen dasselbe auch in den philosophischen Köpfen der Teutschen mehr Eingang gefunden hat, als bey des Verfassers Landsleuten —; allein dessen ungeachtet findet man es durch die Resultate genauer Beobachtungen und Versuche nicht durchaus bewährt. So sollten z. B. nach dem Gesetze der Theilung in Verhältnisse der chemischen Masse, die durch Niederschlagung erhaltenen Produkte niemahls frey von einem Theile des Auflösungsmittels seyn; in der Erfahrung wird aber dieses Gesetz durch eine für Ausnahmen zu grosse Zahl von Thatsachen eingeschränkt. Vorzüglich hat sich Link (Gehlens Journal für Chemie und Physik B. III. S. 232) bemüht, Berthollets System durch Widerlegung und Modificirung einiger Sätze desselben, und durch richtige Auslegung anderer, mit der Bergmann'schen, auch etwas modificirten Verwandtschaftslehre in Übereinstimmung zu bringen. So zeigt er, z. B. es widerspreche der Theorie der Wahlanziehung nicht, dass die Stärke der Anziehung auch mit der mechanischen Menge wachse, und die Wahlanziehung habe überhaupt nur bey bestimmten Quantitäten auch einen bestimmten Sinn. Link zeigt ferner, dass man auch nach Bergmanns Systeme nicht anzunehmen brauche, dass die Verbindung zweyer Körper bey dem Einwirken eines dritten sogleich in o übergehe, sondern es lasse sich auch nach diesem sehr wohl denken, dass die Verbindung vor ihrer gänzlichen Aufhebung verschiedene Stufen von Verbindungsintensität durchlaufe. Wenn also auch ein Stoff C die Verbindung von AB nicht zu trennen vermag, so kann er sie doch lockerer machen, und dadurch einem neuzugesetzten Körper D die völlige Trennung erleichtern, welche dieser vielleicht ohne der Mitwirkung oder Vermittelung von C nie würde zu Stande gebracht haben. Wenn Berthollet sagt, Trennung erfolge nur durch die Cohärenz, Krystallisation u. dgl. so nimmt er (nach Link) schon Wahlverwandtschaft

an, indem er damit nichts anders meinen kann, als die gleichartigen Theile einer Verbindung äussern mehr Anziehung zu einander als zu den umgebenden fremdartigen Stoffen.

In den neuesten Zeiten hat Berthollets Theorie durch die bis zum Gesetz erhobene Erfahrung, dass alle Stoffe in der unorganischen Natur sich nur in bestimmten Verhältnissen verbinden, sehr viel an Zutrauen verloren, indem nach ihr die Stoffe sich zwischen einem Maximum und Mininum in allen möglichen Mittelverhältnissen verbinden lassen müssen; wovon gleich mehr.

Vorschläge zur Bestimmung der Verwandtschaftsintensität.

129. Sowohl nach Berthollet's als auch nach Bergmanns modificirter Verwandtschaftslehre richten sich die Erfolge der Verwandtschaft nach der chemischen Masse d. h. nach dem Produkte aus der Intensität der Verwandtschaft in die mechanische Masse. Der letzte Faktor dieses Produkts lässt sich sehr leicht durch das Gewicht ausmitteln. Schwieriger ist es ein richtiges Mass zur gehörigen Schätzung des erstern Faktors, oder der Intensität der Verwandtschaft auszumitteln, die doch, wie schon erwähnt wurde, so verschieden ist, dass es kaum zwey Körper gibt, die zu einem dritten gerade denselben Grad von Verwandtschaft hätten.

130. Nach *Wenzel* verhält sich die Verwandtschaft mehrerer Körper zu einem dritten gemeinschaftlichen (bey gleicher Menge der ersteren) umgekehrt wie die Zeiten der Auflösung. Diese Methode ist schon desswegen nicht anwendbar, weil sich nicht alle Körper unter gleichen Umständen mit einem dritten verbinden lassen. So bedürfen einige Metalle zur Auflösung concentrirter Säuren, andere verdünnter; einigen ist die Beyhülfe der Wärme nothwendig, anderen nicht. Dann hat der Grad der Dichtigkeit, der Cohäsion, die Grösse der Berüh-

rungsfläche z. B. ob ein Körper mehr oder weniger fein gepulvert ist, einen sehr bedeutenden aber schwer zu schätzenden Einfluss auf die Zeit der Auflösung. Endlich geschieht die Verbindung mancher Stoffe so augenblicklich, dass die Zeit gar nicht gemessen werden kann.

131. *Fourcroy* schlug als Massstab der Verwandtschaft die Schwierigkeit, mit der sich verbundene Körper trennen lassen, *Macquer* die Leichtigkeit der Verbindung und die Schwierigkeit der Trennung vor. Dieses Mass setzet einen ebenfalls noch fehlenden Massstab für diese Leichtigkeit und Schwierigkeit der Trennung voraus. *Guyton Morveau's* Methode, die Verwandtschaft nach dem Grade der Adhäsion (auf die §. 107 angegebene Art) zu messen, würde sehr gut seyn, wenn sie nicht bloss auf feste und tropfbare Körper, und selbst unter diesen wieder nur auf die sehr kleine Zahl derjenigen eingeschränkt wäre, die während der Operation sich nicht schon chemisch verbinden, und wo die Cohäsion des Flüssigen grösser ist, als die Adhäsion desselben an den festen. *Kastner's* Vorschlag, die bey der chemischen Verbindung entstehende Temperaturs-Erhöhung, oder nach Andern die entstandene Verdichtung als Massstab anzunehmen, wird wieder von anderen Einwürfen gedrückt.

132. Schon *Bergmann* stellte als chemisches Paradoxon den Satz auf: Je stärker die Verwandtschaft einer Materie ist, um so weniger wird von einer andern zu ihrer Sättigung erfordert. Dieses Gesetz spricht eigentlich zwey andere aus. 1. Eine Grundlage erfordert zu ihrer Sättigung eine desto grössere Menge Säure, je grösser ihre Verwandtschaft zu dieser Säure ist. 2. Eine Säure fordert zu ihrer Sättigung eine um so grössere Menge Grundlage, je grösser ihre Verwandtschaft zu dieser Grundlage ist. So bedürfen 100 Theile Kali 78 Theile Schwefelsäure, 100 Theile Natron aber 177 Theile derselben Säure zur Sättigung (eigentlich Neutralisirung),

100 Theile Schwefelsäure bedürfen 121 Theile Kali oder 78 Theile Natron zur Sättigung. Dieser Satz wird durch die Erfahrung nicht bestätigt; denn die auf diesem Wege gefundene Stufenleiter der Verwandtschaften ist nicht die Ordnung, in welcher die Substanzen sich zersetzen. Nach obiger Berechnung müsste das Natron eine nähere Verwandtschaft zur Schwefelsäure haben als das Kali; und doch wieder umgekehrt die Schwefelsäure eine geringere Verwandtschaft zum Natron als zum Kali, da doch die Anziehung wechselseitig gleich seyn sollte.

133. Eben so wenig wird durch die Erfahrung der Massstab für die Verwandtschaften bewährt, den *Berthollet* als nothwendige Folge seines Verwandtschaftssystems annehmen muss, und der mit dem eben angeführten fast übereinkommt. Zwey Körper, die sich neutralisiren, halten sich mit ihrer chemischen Masse das Gleichgewicht; folglich müssen die Produkte aus der mechanischen Masse in die Verwandtschaftsintensität gleich seyn. Ihre mechanische Masse kann man leicht durchs Gewicht erfahren, und ihre Verwandtschaftsintensität muss sich dann umgekehrt wie diese mechanische Masse verhalten, damit ein gleiches Produkt — chemische Masse — herauskommt. Wenn von Körper A zwey Mahl so viel erfordert wird den Körper C zu neutralisiren als von B, so ist B dem C noch ein Mahl so nahe verwandt, als es A dem C ist.

Wegen der Unzulänglichkeit aller dieser vorgeschlagenen Methoden bleibt kein anderes Mittel übrig, als durch Beobachtungen und Versuche die Ordnung zu suchen, in welcher sich Körper wechselseitig zerlegen, diese als die (wenigstens brauchbarste) Stufenleiter der Verwandtschaft gelten und es dahin gestellt seyn zu lassen, welchen Antheil an dieser Wirkung andere von der chemischen Verwandtschaft verschiedene Kräfte nehmen. Alle sogenannte Verwandtschaftstafeln sind nach dieser Methode verfertigt; sie haben aber sehr viel

an ihrer Brauchbarkeit verloren, weil darauf nicht alle die Verwandtschaftserfolge modificirenden Umstände angegeben seyn können. Um doch einige dieser Umstände andeuten zu können, sind die Substanzen in den neuern Verwandtschaftstafeln nicht mehr mit chemischen Zeichen ausgedruckt.

Wenzel's Lehre von der Verwandtschaft der Körper. Dresden 1777.

Bergmann de attractionibus electivis. In den Novis actis reg. Societ. sc. Ups. II. und in dessen opusculis phys. et chemic.

Berthollet's Untersuchungen über die Gesetze der Verwandtschaft. Übersetzt mit Anmerkungen und Zusätzen von E. G. Fischer. Berlin 1802.

Fischer über Berthollet's neue Theorie der Verwandtschaft. Allgemeines Journal der Chemie VII. 503.

Berthollet's Versuch einer chemischen Statik. Aus dem französischen übersetzt, und mit Anmerkungen begleitet von Bartholdy und E. G. Fischer. Berlin 1. Th. 1810. 2 Th. 1811.

Karsten's Revision der chemischen Affinitätslehre mit Rücksicht auf Berthollet's neue Theorie. Leipzig 1803.

H. F. Link. Über Berthollet's Theorie der Verwandtschaften. In Gehlens Journal der Chemie und Physik. III. 232. Dessen Bemerkungen über Anziehung und Verwandtschaft. In Gilberts Annalen der Physik XXX. 12.

Neumann's Lehrbuch der Chemie mit besonderer Hinsicht auf Technologie. Leipzig 1810. S. 75—128.

Die älteste *Verwandtschaftstafel* ist von *Geoffroy*; eine spätere von *Gellert*, die von vielen Chemisten verbessert wurde, bis *Bergmann* eine neue viel vollständigere herausgab.

2) In welchem Verhältnisse verbinden sich ungleichartige Körper zu einem scheinbar gleichartigen Ganzen?

134. In Beantwortung dieser sehr wichtigen Frage zerfallen die Naturforscher in zwey Parteyen, wovon die eine als Gesetz nachzuweisen sucht, die Körper können sich innerhalb gewisser Gränzen in unzähligen, allmählig in einander übergehenden Verhältnissen verbin-

den; die andere aber den alten Satz: mensura, pondere et numero deus omnia fecit, dadurch zu retten sucht, dass sie beweiset, die Körper verbinden sich nur in bestimmten, unwandelbaren Verhältnissen mit einander, in die sie nicht allmählig — durch Mittelverhältnisse — übergehen, sondern durch plötzliche Sprünge sich versetzen.

135. Schon *Bergmann* und *Lavoisier* suchten die chemischen Erscheinungen an Mass und Gewicht zu binden, und sie scheinen es für ein chemisches Axiom gehalten zu haben, dass die Verbindungen entweder nach einem einzigen oder doch nur nach sehr wenigen festen Verhältnissen der Quantitäten ungleichartiger Stoffe erfolgen; denn sonst wäre ja ihr Bemühen, die Mischungsverhältnisse durch Zahlen auszudrucken, zwecklos gewesen.

136. Bergmann nennet einen Körper mit einem andern *gesättiget*, wenn jener von diesem so viel aufgenommen hat, als er davon aufnehmen kann. Wenn z. B. ein Pfund Wasser so viel Kochsalz aufgelöset hat, dass es nun keines mehr aufzulösen vermag, so ist das Wasser mit Kochsalz gesättiget, oder befindet sich in Hinsicht auf das Kochsalz im Zustande der *Sättigung*. Diese Bedeutung ist dem Sprachgebrauche angemessener, als jene welche Berthollet dem Worte Sättigung unterlegt; denn ein Thier ist nicht immer satt, wenn es Speisen zu sich genommen hat, sondern nur dann, wenn es so viel zu sich genommen hat, als es konnte oder wollte.

137. Wenn zwey Körper sich so und in einem solchen Verhältnisse mit einander verbinden, dass sie ihre charakteristischen Eigenschaften gegenseitig aufheben, so *neutralisiren* sie sich. Unter die charakteristischen Eigenschaften der Säuren z. B. gehöret der saure Geschmack und das Rothfärben frischer, blauer Pflanzensäfte; die Laugensalze im Gegentheile zeichnen sich durch das Grünfärben derselben Pflanzensäfte, und durch einen eigenthümlichen Geschmack aus. Wenn sich Säuren mit

Laugensalzen in einem bestimmten Verhältnisse verbinden, so verlieren beyde die genannten Eigenschaften und befinden sich dann im Zustande der *Neutralität.* Es kann eine Verbindung neutral seyn, ohne dass die Körper gesättigt sind, und durch die Sättigung eines Körpers mit dem andern entsteht nicht immer eine neutrale Zusammensetzung. So wird z. B. das Kali durch eine gewisse Menge von Weinsteinsäure neutralisirt; allein nun ist das Kali mit der Weinsteinsäure noch nicht gesättigt, indem es davon noch eine bedeutende Menge aufnehmen und damit den krystallisirten Weinstein bilden kann, in welchem das Kali zwar mit Weinsteinsäure gesättigt, aber nicht neutralisirt ist, da die Eigenschaften der Säure nicht ganz getilgt sind. Im Zustande der Neutralität scheinen die Körper am innigsten mit einander verbunden zu seyn, indem sie sich gegenseitig gleich fest halten, und A eben so schwer von B, als dieses von jenem zu trennen ist; da hingegen jener Theil von A oder B, welcher über den Neutralisationspunkt vorhanden ist, viel leichter getrennt werden kann.

Das, was man gewöhnlich Übersättigung heisst, sollte eigentlich Verbindung über den Neutralisationspunkt genannt werden.

138. Berthollet musste, den Grundsätzen seines Verwandtschaftssystems gemäss, annehmen, dass sich die Körper innerhalb gewisser Gränzen in jedem Verhältnisse verbinden können. Wenn nähmlich der Körper A sich mit B verbindet, so gehört eine gewisse Menge von A dazu, damit seine chemische Masse die Summe der Cohäsions- oder Expansivkräfte von A und B oder den Unterschied ihres specifischen Gewichtes, mit einem Worte, die Hindernisse der Verbindung überwinde. Diese zur Überwindung der Hindernisse gerade nothwendige Menge von A ist also das Minimum von A, das

sich mit einer bestimmten Menge von B verbinden kann. Je grösser von hier aus die Menge von A wird, desto mehr chemische Masse gehört von B dazu die dadurch vermehrte Summe der Cohäsions- oder Expansivkräfte zu überwinden; und die Menge von A kann daher auch eine Stufe erreichen, über welche hinaus die chemische Masse von B nicht mehr hinreicht eine chemische Verbindung einzugehen. Dieser Punkt ist das Maximum von A, das sich mit B verbinden kann. Zwischen diesem Maximum und Minimum aber müssen sich, nach Berthollet, die Körper A und B in jedem nur denkbaren Verhältnisse verbinden lassen. — Wenn sich die Körper nur in Einem Verhältnisse verbinden lassen, wie diess vorzüglich bey den Verbindungen von Gasarten z. B. von Oxygen und Hydrogen zu Wasser, von Azot und Hydrogen zu Ammoniak u. dgl. der Fall ist; so fällt das Maximum und das Minimum zusammen; gerade nur eine bestimmte Menge von A hat chemische Masse genug sich mit einer ebenfalls bestimmten Menge von B zu vereinigen; wie diese Menge nur etwas geringer wird, reicht sie nicht mehr zu, die Expansivkraft von B zu überwinden, und so wie sie nur etwas grösser wird, kann ihre eigene Expansivkraft von der chemischen Masse des Körpers B nicht überwunden werden. — Wenn bey der Verbindung zweyer Körper, wie es z. B. bey der Auflösung der Salze der Fall ist, nur der eine Körper — das Salz — ein Maximum hat, in welchem er sich mit dem andern verbinden kann; dieser — das Wasser — hingegen über ein gewisses Minimum hinaus sich in jeder auch noch so grossen Menge mit dem erstern zu vereinigen vermag: so geschieht diess dadurch, dass, nach dem mit dem Salze sich so viel Wasser verbunden hat, als jenes gerade zur Auflösung bedarf, das übrige Wasser sich dann mit der entstandenen Salzlauge verbindet. — Wenn aber zwey Körper weder ein Maximum noch ein Minimum anerkennen, sondern sich

mit einander in jedem Verhältnisse verbinden, wie sich z. B. Wasser mit Alkohol oder mit Schwefelsäure mischt, wie sich mehrere Metalle mit einander legieren lassen; so ist dies dadurch zu erklären, dass die Verwandtschaft dieser Körper sehr gross, die Hindernisse der Verbindung aber sehr gering sind, wodurch die Gränzen, das Maximum und Minimum, gleichsam unendlich weit aus einandergerückt werden; oder dass die neu entstandene Zusammensetzung zu jedem der zusammensetzenden Körper wieder eine zur Verbindung hinlängliche Verwandtschaft hat. Wenn sich z. B. ein Theil Silber mit einem Theile Kupfer verbunden hat, so behält diese Legierung sowohl zum Silber als zum Kupfer noch so viel Verwandtschaft, dass sie sich mit neuen Portionen des einen oder des andern Metalls verbinden kann. Diess dauert so lange fort, bis endlich die Menge des Kupfers z. B. schon so geringe wird, dass seine chemische Masse dem Überschusse des specifischen Gewichtes des Silbers nicht mehr gewachsen ist, wo dann die chemische Verbindung etwas unvollkommener wird und das Silber in einem grössern Verhältnisse in den tieferen Schichten als an der Oberfläche sich befindet.

139. Zur Bestätigung und Erläuterung seiner Sätze hatte Berthollet vorzüglich die Verbindung des Oxygens mit den Metallen, also die Metalloxyde als Beyspiel gewählt. Zwischen dem schwarzen Eisenoxyde, welches 0,29 Sauerstoff, und zwischen dem rothen Eisenoxyde, welches 0,44 Sauerstoff enthält, gibt es nach Berthollet eine unendliche Zahl von andern Eisenoxyden mit Mittelverhältnissen von Sauerstoff. Diesen Satz griff der Madriter Chemist *Proust* an, indem er durch viele Versuche zeigte, dass das Oxygen mit den Metallen sich zwischen dem Maximum und Minimum nicht in unendlich vielen Verhältnissen verbindet, sondern dass es sich an wenige, feste, unveränderliche Verhältnisse halten muss; dass viele Metalle nur ein einziges, mehrere zwey und

nur sehr wenige drey Oxyde bilden, welche überall und unter allen Umständen aus demselben Verhältnisse von Oxygen und Metall zusammengesetzt sind, und die bey fort- oder rückschreitender Oxydation sogleich sprungweise entstehen, oder sich gänzlich trennen, oder sich eines in das andere verwandeln; dass sich endlich bey keinem Metalle eine Reihe unmerklich in einander übergehender Oxyde finde. Dasselbe zeigte Proust von den Verbindungen des Schwefels mit den Metallen und den Säuren mit den Metalloxyden. — Ein Eisenoxyd kann aber nach Proust das andere, eine Art des geschwefelten Eisens die andern auflösen, und dadurch können dem Scheine nach mehrere Mittelverhältnisse entstehen. Dieser Unterschied in der Verbindung gibt ihm Anlass, *wahre Verbindungen* (combinaisons), die nur zwischen den Grundstoffen und zwar zwischen zwey, drey, selten (fast nur im Thierreiche) zwischen vier Statt finden und immer nur in einem einzigen oder doch sehr wenigen, unveränderlichen Mischungsverhältnissen erfolgen, von *Zergehungen* (dissolutions) zu unterscheiden, welche durch Vereinigung jener Verbindungen (combinaisons) unter einander nach höchst verschiedenen, oft zufälligen Verhältnissen entstehen können.

140. Proust's Versuche wurden von einem der scharfsinnigsten heutigen Naturforscher, *Prof. Berzelius* in Stockholm mit dem glücklichsten Erfolge weiter fortgesetzt, dadurch die Resultate des erstern nicht nur bestätigt, sondern auch neue erhalten. Durch eine Reihe, mit einer bis auf ihn kaum erreichten Genauigkeit angestellter Analysen, fand Berzelius, dass, wenn sich der Sauerstoff sowohl mit den Metallen als mit den übrigen einfachen Körpern in mehreren Verhältnissen verbindet, dieses immer so geschieht, *dass die grössern Verhältnisse von Sauerstoff*, mit denen sich ein solcher Körper verbindet, *immer Produkte (Vielfache, multipla) von dem kleinsten Verhältnisse mit 2, 4, 6 und den folgenden gera-*

den Zahlen ist. So sind mit 100 Theilen Schwefel im Schwefeloxydul 25 Theile Sauerstoff, im Schwefeloxyd 50 Theile, in der schweflichten Säure 100 Theile, in der Schwefelsäure 150 Theile Sauerstoff verbunden; also das Zweyfache, Vierfache und Sechsfache von dem geringsten Verhältnisse 25.

In einigen Versuchen war das zweyte Verhältniss ein Produkt aus dem ersten mit $1\frac{1}{2}$. Berzelius meint aber, solche Körper haben noch eine niedere, bisher nicht bekannte Oxydationsstufe, von deren Sauerstoffmenge jene der nunmehr dritten Oxydationsstufe ein Multiplum mit einer ganzen graden Zahl ist. So enthalten z. B. 100000 Theile Bley im gelben Oxyde 7700 Theile Oxygen, im rothen 11550 Theile und im braunen 15600 Theile Die zweyte Zahl ist das Produkt von der ersten mit $1\frac{1}{2}$; denn $1\frac{1}{2} \times 7700 = 11550$. Berzelius nimmt also an, dass das Bley noch eine tiefere Stufe von Oxydation habe, die er das Suboxyd desselben heisst, und worin er den Sauerstoff auf 1925 ansetzet, wovon dann 7700 das 4fache, 11550 das 6fache, 15600 das 8fache ist.

141. Berzelius fand dann weiter, dass, wenn zwey oder mehrere oxydirte Substanzen Verbindungen eingehen, diess immer in einem solchen Verhältnisse geschehe, *dass der Sauerstoff derjenigen Substanz, die davon die geringste Menge enthält, ein Faktor ist, der mit 2, 3, 4 und mit den folgenden, ganzen Zahlen multiplicirt, die Sauerstoffmenge der übrigen Mischungstheile angibt.* So ist in den Metallsalzen der Sauerstoff der Säure das 2, 3, 4, 5, 6fache u. s. w. vom Sauerstoffe des Metalloxyds z. B.

Schwefelsaures Eisenoxyd besteht aus:	Schwefelsäure 60,44, enthält Sauerst.	36 Th.
	Eisenoxyd 39,56	12 Th.
		$12 \times 3 = 36$

Schwefelsaures Eisenoxydul besteht aus:	Schwefelsäure 53, enthält Sauerstoff	31,8
	Eisenoxydul 47	10,6
		10,6 × 3 = 31,8

Da nach Davy's Entdeckung die Alkalien und Erden — Salzbasen — ebenfalls Metalloxyde sind, so lässt sich diese Regel auch auf alle Salze überhaupt ausdehnen z. B.

Schwefelsaurer Baryt besteht aus:	Schwefelsäure 34,48, enthält Sauerstoff	20,68
	Baryt . . . 65,62	6,86
		6,86 × 3 = 20,58

Aus diesem beständigen Verhältnisse des Sauerstoffs der Basis zum Sauerstoff der Säure, ergibt sich auch das von Richter schon früher aufgefundene Gesetz, *dass, wenn zwey Neutralsalze sich gegenseitig zerlegen, immer wieder neutrale Verbindungen entstehen.* z. B. durch Zerlegung von salzsaurem Baryt und schwefelsaurem Natron, entsteht wieder neutraler, schwefelsaurer Baryt und neutrales, salzsaures Natron. — Man darf dem zu Folge nur die Menge der verschiedenen Säure kennen, welche Eine Basis neutralisiren, und die Mengen aller Basen welche Eine Säure neutralisiren, so kann man die Bestandtheile aller neutralen Salze berechnen.

142. Auch der Sauerstoff des Wassers, welcher als wesentlicher Bestandtheil mit in die Verbindung der Salze eingeht (Krystalleis) unterliegt derselben Regel z. B.

Krystallisirter schwefelsaurer Kalk	Schwefelsäure 46, enthält Sauerstoff .	27
	Kalk . . 33	9
	Wasser . 21	18

Der Sauerstoff des Kalkes ist die kleinste Menge 9, wovon der Sauerstoff des Wassers 18 das Doppelte, und jener der Schwefelsäure 27 das Dreyfache ausmacht.

143. Der Einfluss des Sauerstoffs, das Verhältniss

zu bestimmen, in welchem sich die Körper chemisch verbinden, erstreckt sich noch weiter. Die Proportionen, in welchen sich mehrere verbrennliche, bisher einfache Körper mit einander verbinden, werden durch die Capacität dieser Körper für den Sauerstoff bestimmt. *Diese Körper verbinden sich nähmlich nur in solchen festen Verhältnissen, dass, wenn eine solche Mischung auf einen gewissen Grad oxydirt wird, der Sauerstoff desjenigen Mischungstheils, der davon die geringste Menge enthält, wieder ein Faktor ist, der mit 2,3,4 u. s. w. multiplicirt, die Sauerstoffmengen der übrigen Mischungstheile angibt;* oder dass die Sauerstoffmenge desjenigen Mischungstheils, der davon die geringste Menge enthält, ein gemeinschaftlicher Divisor für die Sauerstoffmengen der übrigen Bestandtheile wird z. B., das geschwefelte Bley besteht aus 100 Theilen Schwefel und 648,5 Th. Bley. Oxydirt man diese, so erhält man 948 Theile schwefelsaures Bley, ohne dass Bley oder Schwefel übrig bleibt.

948 Theile schwefelsaures Bley	Schwefelsäure 250, enthält Sauerstoff	150
	Bleyoxydul 698	50
		$50 \times 3 = 150$

144. So weit geht die bisher durch Versuche nachgewiesene Gesetzmässigkeit in den Verhältnissen, nach welchen sich Körper mit einander verbinden; höchst wahrscheinlich erstreckt sie sich aber noch weiter, und die Zusammensetzungen aus mehreren Alkalien, Erden und Metalloxyden, wozu vorzüglich die krystallisirten Mineralien gehören, sind vermuthlich derselben Regel unterworfen, die vielleicht bald zu einem Prüfsteine der Richtigkeit unserer Analysen werden wird. Bewundernswerth ist auch hier die Einfachheit in der Natur, indem ein einziger Körper, der Sauerstoff, überall den Massstab angibt, nach welchem die Verhältnisse in den Bestandtheilen jeder Verbindung gemessen werden kön-

nen. *Berzelius* hat durch die Entdeckung dieses Massstabes sich ein unvergängliches Verdienst um die gesammte Naturwissenschaft erworben, und durch das Bewusstseyn der Unsterblichkeit seines Nahmens belohnt.

Die Arbeiten von Berzelius über diesen Gegenstand findet man in Gilberts Annalen der Physik B. 37, 38, 39 und in Schweiggers Journal der Chemie.

L. G. Gilbert. Dissertatio historico-critica de mistionum chemicarum simplicibus et perpetuis rationibus earumque legibus nuper detectis. Lipsiae 1811.

Richters Anfangsgründe der Stöchiometrie oder Messkunst chymicher Elemente. Breslau 1792.

145. *Dalton*, als der consequenteste der heutigen Atomisten, muss annehmen, dass bey der chemischen Verbindung der Körper immer ein Atom des einen sich mit einem Atome des andern gleichsam nur durch Nebeneinanderstellen vereinigt, oder dass ein Atom des einen von mehreren Atomen des andern umhüllt wird. Wenn zwey Körper sich nur nach einem einzigen Verhältnisse verbinden, und durch ihre Verbindung also nur Einen dritten Körper erzeugen können, wie sich z. B. Hydrogen und Oxygen nur zu Wasser verbinden lassen; so verbindet sich nach Dalton immer Ein Atom des einen Körpers mit Einem Atome des andern. Wenn sich aber einfache Körper, wie das häufig der Fall ist, in mehreren Verhältnissen zu verschiedenen Produkten verbinden, so geschieht diess, wie Dalton wieder annimmt, nach bestimmten Zahlenverhältnissen, und es sind also dann nur folgende Verbindungen möglich:

1 Atom A mit 1 Atom B zu 1 Atom von C. 2fache Verbindung.

1 Atom A — 2 Atom B zu 1 Atom — D } 3fache Verbindung.
2 Atom A — 1 Atom B zu 1 Atom — E }

1 Atom A — 3 Atom B zu 1 Atom — F } 4fache Verbindung. u. s. f.
3 Atom A — 1 Atom B zu 1 Atom — G }

Wissen wir nun durch die Erfahrung, dass zwey Körper nur eine einzige Verbindung eingehen, so soll diess nothwendig eine 2fache seyn. Gehen zwey Körper zweyerley Verbindungen nach zwey verschiedenen Mischungsverhältnissen ein; so soll eine derselben eine dreyfache, die andere eine zweyfache seyn; bey dreyerley Mischungsverhältnissen, die eine davon eine zweyfache, die beyden andern dreyfache; bey viererley Mischungsverhältnissen, die eine Verbindung eine zweyfache, zwey andere dreyfache und eine vierfache; u. s. w. — dasselbe gilt auch von den Verbindungen zweyer zusammengesetzter Körper.

146. Da wir durch die Analyse wissen, dass das Wasser dem Gewichte nach aus 7 Theilen Sauerstoff auf 1 Theil Wasserstoff besteht, und nach Daltons Theorie im Wasser nur immer ein Atom Sauerstoff mit Einem Atome Wasserstoff verbunden seyn kann; so muss, damit jenes Gewichtsverhältniss heraus kömmt, ein Atom Sauerstoff 7Mahl so schwer, als ein Atom Wasserstoff seyn. — Dalton nimmt das Gewicht eines Atoms Wasserstoff als Einheit an und vergleicht damit die Atome anderer Körper. Der Sauerstoff bekömmt also die Zahl 7. — Im Ammoniak sind 4 Theile Stickstoff mit Einem Theile Wasserstoff verbunden; der Stickstoff erhält also die Zahl 4. Der Sauerstoff verbindet sich mit dem Stickstoffe in 3 Verhältnissen: zu oxydirtem Stickgas, zu Salpetergas und zu Salpetersäure. Das Salpetergas soll die zweyfache, die beyden anderen dreyfache Verbindungen seyn. Das oxydirte Stickgas muss also aus 2 Atomen Stickstoff und Einem Atome Sauerstoff, das Salpetergas aus 1 Atom Stickstoff und 1 Atom Sauerstoff, die Salpetersäure aus 1 Atom Stickstoff und 2 Atomen Sauerstoff bestehen. Das oxydirte Stickgas muss dem zu Folge durch die Zahl $(7+4+4)$ 15; das Salpetergas durch die Zahl $(7+4)$ 11: die Salpetersäure durch die Zahl $(4+7+7)$ 18 ausgedruckt werden.

So scharfsinnig diese Hypothese Daltons auch ist,

und so sehr sie auch dadurch gewinnt, dass die Berechnungen nach ihr mit denen von Berzelius ziemlich übereinkommen: so scheint sie sich doch auf gar zu schwankende Annahmen zu gründen.

Davy (Elemente des chemischen Theils der Naturwissenschaft, übersetzt von Fr. Wolff. Berlin 1814) bestimmt diese Zahlen auf eine andere Art.

Daltons neues System des chemischen Theils der Naturwissenschaft; übersetzt von Fr. Wolff. 2. B. Berlin.

Daltons Theorie über die chemische Verbindung, frey dargestellt von Gilbert. In den Annalen der Physik 46 B. S. 254.

C.

Von der Abstossung oder Repulsion.

147. Die abstossende Kraft gehört nicht nur zur Denkbarkeit der Materie überhaupt und vorzüglich zur Construction des Begriffes ihrer Undurchdringlichkeit (§. 11.); sie ist nicht nur bey der Elasticität, vorzüglich bey der expansiven der Dampf- und Gasarten thätig: sondern sie äussert sich auch sehr augenscheinlich in grösseren Entfernungen. Es stossen sich die gleichnahmigen Pole zweyer Magnete; es stossen sich mit gleichnahmiger Elektrizität geladene Körper auf sehr bemerkbare Weiten ab. Die auf eine ebene Glastafel gelegte Glaslinse berührt, nach Newton, die letztere nie vollständig, sondern bleibt von ihr um $\frac{1}{137}$ Zoll entfernt; und durch keine zusammendrückende Gewalt kann man diese Entfernung bis unter $\frac{1}{1000}$ Zoll vermindern; es brechen eher Linse und Tafel. Nach Boskowich fängt eine ruhende Kugel sich schon zu bewegen an, wenn eine andere, auf sie zukommende noch in einiger Entfernung ist. — Die Re-

pulsion kann dem zu Folge so wie die Attraction in eine auf bemerkbare Entfernung wirkende, und in eine nur in den kleinsten, unmerklichen Abständen, also bey der Berührung thätige eing etheilt werden.

148. Einige Naturforscher halten die Repulsion, so wie die Anziehung für eine der Materie inhärirende Eigenschaft; andere schreiben sie bloss dem Wärmestoffe zu, der sie durch seine Verbindung allen übrigen Stoffen mittheilt. Da aber Repulsion zur Construction des Begriffes von Materie nothwendig ist, so kann man als ihre Ursache nicht eine Materie annehmen. Verliert einst die Ursache der Wärmeerscheinungen ihren Rang unter den materiellen Stoffen, so wird man consequenter die Phänomene der Wärme von der Repulsion, als diese von jener herleiten.

Nachtrag.

Von Massen und Gewichten.

149. Wir brauchen Masse für die Zeit, für den Raum, und Gewichte zur Bestimmung der Körpermasse. Das *Zeitmass* ist das gleichförmigste und unveränderlichste, weil es auf eben so gleichförmigen und unveränderlichen Bewegungen in der Natur beruht: nähmlich auf der Bewegung der Erde um ihre Achse und um die Sonne.

Die Lehre von Massen findet den schicklichsten Ort dort, wo von der Ausdehnung (§. 10) die Rede ist; und die Gewichtslehre reiht sich am natürlichsten an die Erklärung der Phänomene der Schwere (§. 45). Um aber dort den Zusammenhang der Hauptlehrsäzte nicht zu sehr zu unterbrechen, und diese zwey Lehren in einer, beyden erspriesslichen Verbindung vortragen zu können, werden sie hier als Nachtrag geliefert.

150. Eine als Einheit angenommene Ausdehnung, womit man die Ausdehnungen der Körper vergleicht, heisst ein *Mass* — *Raummass.* — An jedem körperlichen Raume — d. h. an jedem Körper — unterscheiden wir Ausdehnung in die Länge, in die Breite und in die Höhe oder Tiefe. — Öfters braucht man aber bloss die Ausdehnung nach Einer oder zwey dieser Richtungen zu wissen. — Wenn man den Raum bloss nach Einer jener Beziehungen mit gänzlicher Vernachlässigung der anderen zwey misst; so geschieht diess mit dem *Längenmass* (eben so gut Breitenmass, oder Höhenmass, besser *Linienmass*). Mit diesem bestimmen wir also die Entfernung zweyer Punkte z. B. die Weite eines Weges, die Breite einer Gasse oder eines Flusses, die Höhe eines Thurmes oder Berges, die Tiefe eines Flusses. — Misst man aber den Raum nach zwey jener Beziehungen z. B. nach der Länge und Breite, Länge und Tiefe oder Breite und Tiefe zugleich: so geschieht diess mit dem *Flächen-* oder *Quadratmasse.* Damit misst man z. B. die Grösse eines Feldes, eines See's, einer Wand u. dgl. Bestimmt man die Grösse eines Raumes nach allen jenen drey Richtungen, so bedienet man sich des *Kubikmasses.* Damit messen wir also eigentlich den Körperinhalt z. B. die Grösse eines Steines, den Inhalt eines Gefässes.

151. Als Einheit des Längenmasses hat man fast in allen Ländern die Länge gewisser Theile des menschlichen Körpers z. B. des Fusses (Fuss oder Schuh), des Armes (Elle), die möglichst grösste Entfernung der Spizze des Zeigefingers von der Spitze des Daumes (Spanne) u. dgl. angenommen. Weil aber diese Theile nicht an allen Menschen gleich gross sind und also gesetzlich eine gewisse Mittelgrösse als Einheit bestimmt werden musste, diese gesetzliche Bestimmung aber wieder ganz willkürlich war; so unterscheiden sich die Masse verschiedener Länder sehr auffallend. — Um Beständigkeit, und die sehr zu wünschende Einheit der Masse zu be-

zwecken, schlugen Einige vor, das Raummass auf das Zeitmass zu gründen, und die Länge eines Sekundenpendels (an einem Orte von einer gewissen Breite und Höhe) als Einheit anzunehmen. Dieser Vorschlag wurde nicht angenommen. In Frankreich wurde in der Revolutionszeit ein sogenanntes *natürliches Mass* eingeführt, für dessen Einheit der zehnmillionste Theil des Erdmeridianquadranten erklärt und *Meter* genannt wurde. Diese Einheit wurde dann durch Vervielfältigung nach dem Decimalsysteme vergrössert, oder nach eben diesem Systeme untergetheilt. — Die Vervielfältigungen werden durch das Vorsetzen der griechischen, die Unterabtheilungen durch das Vorsetzen der lateinischen Decimalzahlwörter angedeutet. So bedeutet Deca-metre einen zehnfachen, Hecto-metre einen hundertfachen, Kilo-metre einen tausendfachen, Myria-metre einen zehntausendfachen Metre: Decimetre, Centimetre, Millimetre hingegen bezeichnen den zehnten, hundertsten, tausendsten Theil eines Meters. Das natürliche Flächen- und Kubikmass kann aus dem natürlichen Längenmasse sehr leicht abgeleitet werden. — Man kann die in verschiedenen Ländern angenommenen Masse sehr leicht vergleichen, wenn man weiss, wie viel sie z. B. Millimeter des natürlichen Masses enthalten. Folgende Tabellen liefern eine solche vergleichende Übersicht.

Sie sind mit einigen Veränderungen und Berichtigungen entlehnt aus *Vega's* sehr schätzbarem Werke, *über das natürliche Mass- Gewicht- und Münzsystem*. Wien bey Degen 1803.

1) Gesetzmässig bestimmtes Längenmass in den k. k. Erbstaaten.

	Beträgt natürliche Millimeter.
1 Wiener Klafter von 6 Fuss	1896,614
1 — — Fuss von 12 Zoll	316,1023
1 — — Zoll von 12 Linien	26,34186
1 — — Linie von 12 Punkten	2,195155
1 — — Punkt	0,18293
1 Strich des Rekrutenmasses ¼ Zoll	6,585
1 Wiener Elle (=2,465 Fuss)	779,0224
1 Faust Pferdemass von 4 Zoll	105,3675
1 Österr. Postmeile von 4000 W. Klaftern.	7586455.

102764 Wiener Klaftern sind 100000 Pariser Toisen gleich.

2. Ausländische Längenmasse und einige im Inlande geduldete Provinciallängenmasse.

	Beträgt natürliche Millimeter.
Amsterdam Fuss	383,1066
— — Elle	690,2838
Augsburg Fuss	296,1904
— — grosse Elle	609,5250
— — kleine Elle	592,3808
Bayern Fuss	291,8593
— Elle	835,0180
Berlin Fuss	309,7254
— Elle	666,8231
Bern Fuss	293,2579
— Elle	541,6247
Böhmen Prager Fuss	296,4160
— — — Elle	593,9600

	Beträgt natürliche Millimeter.
Bologna Fuss	379,4306
Brabanter Elle in Teutschland	691,4118
Breslau Fuss	284,2345
— Elle	575,9133
Brüssel Fuss	291,0020
— grosse Elle	694,3443
— kleine Elle	684,4188
Cölln Fuss	275,2112
— grosse Elle	649,7955
— kleine Elle	574,1087
Constantinopel Pik	669,0790
die kleine	647,8741
Dänemark Fuss	313,8536
— — Elle	627,7072
Dresden Fuss	283,1066
— — Elle	566,2132
England Londner Fuss	304,7625
— — — Jard	914,2875
Florenz Braccio da terra	550,6371
— — — da lana	582,1057
Frankfurt am M. Fuss	286,4903
— — — Elle	539,5945
Frankreich 1 Toise von 6 Fuss	1949,036
— — 1 Fuss — 12 Zoll	324,8394
— — 1 Zoll — 12 Linien	27,06996
— — 1 Linie — 10 Skrupel	2,255830
— — 1 Skrupel	0,225583
— — 1 Elle	1188,446
Genua Palmo	249,8331
— Canua von 20 Palmi	2498,331
Gotha Fuss	287,6183
— Elle	565,3109

	Beträgt natürliche Millimeter.
Hamburg Fuss	286,4903
— Elle	572,9806
Hannover Fuss	292,1298
— Elle	584,2596
Krakau Fuss	356,4211
— grosse Elle	616,9694
— kleine Elle	565,3109
Leipzig Fuss	282,6555
— Elle	565,3110
Mähren Fuss	295,9648
— Elle	790,6682
Neapel Palmo	264,1577
— Canna von 4 Braccie	2112,810
Nürnberg Fuss	303,8604
— Artillerie Fuss	292,8701
— Elle	659,6048
Padua Fuss	356,6468
Portugall Fuss	338,6000
— Elle	2185,899
Rheinländer Fuss	313,8536
Rom Palmo bey der Architektur	223,3282
— — gleich $\frac{1}{8}$ Canna	250,1715
Russland Fuss	538,2409
— Arschine	711,4887
— Werschok	44,42400
Schlesische Klafter	1736,350
— — Elle	579,0104
Siebenbürger Elle	624,000
Schweden Fuss	296,8672
— — Elle	593,7344
Spanien Fuss	282,6554
— Elle	847,9662
Treviso Fuss	412,8372

	Beträgt natürliche Millimeter.
Triest Elle zur Wolle	676,7489
— — zur Seide	642,1444
Turin piede di liprando	513,6524
— Elle	600,9530
Tyrol Fuss	314,1109
— Elle	804,1356
Udine Fuss	345,1420
Ungern Ofner Elle	587,574
— Pressburger Elle	558,636
Venedig Fuss	347,7588
— Elle	636,8207
Verona Fuss	270,9307
Vicenza Fuss	356,1956
Warschau Fuss	356,4212
— Elle	616,9696
Zürch Fuss	300,9275
— Elle	601,8550

3. Gesetzmässig bestimmtes Flächenmass in den k. k. Erbstaaten.

1 Wiener Quadratklafter hält 6 Quadratklafter-Fuss, dieser 12 Quadratklafter-Zoll zu 12 Quadratklafter-Linien, und diese wieder zu 12 Quadratklafter-Punkten. Oder eine Wiener Klafter hält 36 Quadratfuss; dieser 144 Quadratzoll zu 144 Quadratlinien. Eine Wiener Quadratklafter	Hält natürliche Quadratmillimeter. 3597144,665
1 Quadratklafter-Fuss	599524,2
1 — — — Zoll	49960,35
1 — — — Linie	4163,364
1 — — — Punkt	346,947

	Hält natürliche Quadratmillimeter.
1 Quadratfuss	99920,7
1 Quadratzoll	693,8936
1 Quadratlinie	4,8187
1 Joch Feldmass von 1600 Quadrat-Klaftern	5755432000

4. Gesetzmässig bestimmtes Kubikmass in den k. k. Erbländern.

1 Wiener Kubikklafter hält 6 Kubikklafter-Fuss, dieser 12 Kubikklafter-Zoll von 12 Kubikklafter-Linien zu 12 Kubikklafter-Punkten; oder auch 216 Kubikfuss zu 1729 Kubikzoll von 1728 Kubiklinien u. s. w.	Hält natürliche Kubikmillimeter.
1 Wiener Kubikklafter	6822344 5717,6
1 Kubikklafter-Fuss	1137057428,6
1 Kubikklafter-Zoll	94754785,7
1 Kubikklafter-Linie	7896232,1
1 Kubikklafter-Punkt	658019,3
1 Kubikklafter-Quentchen . . .	54834,9
1 Kubikfuss	31574941,2
1 Kubikzoll	18249,3
1 Kubiklinie	10,56

Hohlmass.

152. Durch das Hohlmass wird das Volumen flüssiger und auch einiger pulvriger oder feinkörneriger, fester Substanzen z. B. Mehl, Getreide u. dgl. bestimmt. Das Hohlmass für Flüssigkeiten heisst gewöhnlich *Getränkmass*, das für trockene Substanzen *Fruchtmass*. Als Einheit des natürlichen Hohlmasses sowohl für trockne

als flüssige Substanzen hat man einen Würfel angenommen, wovon jede Seite einen Decimeter beträgt, und ihm *Litre* geheissen. Dieser wird wieder in Decilitre, Centilitre, Millilitre herabgetheilt und in Decalitre, Hectolitre, Kilolitre (auch Stêre) und Myrialitre hinauf vergrössert. — Folgende Tafeln drucken den Gehalt verschiedener im Inlande und Auslande gebräuchlicher Hohlmasse in kubirten Millimetern und in Decilitern aus:

5. Gesetzmässig bestimmtes Hohlmass in den k. k. Erbstaaten.

	Beträgt Deciliter.	Kubirte Millimeter.
1 Metzen Fruchtmass von 8 Achteln	615	61499490
1 Achtel von 4 grossen Mässeln	76,9	7687435
1 Grosses Mässel von 2 kleinen Mässeln	19,2	1921859
1 kleines Mässel von 2 Becher	9,6	960929,5
1 Becher	4,8	480464,7
1 Muth von 30 Metzen . .	18449,8	1844984700
1 Eimer Getränkmass von 40 Mass	566	56600630
1 Mass zu 4 Seitel . . .	14	1415015
1 Seitel von 2 Pfiff . . .	3,5	353754
1 Fass von 10 Eimern . .	5660	566006300
1 Dreyling von 30 Eimern	16980	1698018900
1 Kohlenstibich von 2 Metzen	1230	122998980
1 Kalkmittel von $2\frac{1}{2}$ Metzen	1537	153748725

10000 Metzen sind 19471 Wiener Kubikfuss gleich, und 1000 Eimer sind = 1792 Wiener Kubikfuss.

6. In den österreichischen Erbstaaten geduldete Provinzialhohlmasse.

	Enthält Deciliter.	Kubirte Millimeter.
Böhmen 1 Strich Fruchtmass von 4 Vierteln 16 Mässeln	936	93602240
— 1 Pinte Getränkmass, wovon 128 ein Weinfass von 4 Eimern machen . .	19	1911271
Mähren 1 Metzen F. . . .	706	70613700
— 1 Mass G. . . .	10,7	1069752
Schlesien 1 Scheffel F. . .	763,8	76376220
— 1 Quart G. . . .	7	701848
Triest 1 Staro zu 3 Poloniki Fr.	741	74088770
— 1 Orno G. . . .	656,6	65658450
Tyrol 1 Starr Fr. . . .	306	30577540
— 1 Mass G. . . .	8	810804
Venedig 1 Sacco Fr. . . .	1274,6	127460700
— 1 Bigoncia, wovon 4 eine Amphora machen G.	1580,6	158056300
Verona 1 Minello F. . .	369	36875850
— 1 Brenta G. . . .	724	72402800
1 Grätzer Viertel . . .	798,8	79878640
Galicischer Corschetz . .	1230	122999000
Ungern 1 Pressburger Metzen F.	621	62159600
— 1 Niederungrischer Eimer	569	56918165
— 1 Oberungrischer .	759	75890586
— 1 detto in einigen Gegenden	679	67920000
1 Tokayer *Antheil* oder *Antal*	470	47061117
Siebenbürgen 1 Kübel, hält 4 Viertel, das Viertel zu 16		

	Enthält Deciliter.	Kubirte Millimeter.
Mass (Siebenbürger Eimer Mass) 1 *Kübel* F. . . .	692	69173550
— 1 Eimer zu 8 Mass oder 32 Seitel	113	11320000

7. Ausländische Hohlmasse.

	Enthält Deciliter.	Kubirte Millimeter.
Amsterdam. Der *Sack* zu 3 Scheepels, 12 Vierdevats, 96 Kops F.	811	81071300
Der *Ahm* zu 4 Anker 8 Stekkannen, 21 Viertel, 64 Stoopen, 128 Mingelen 256 Pinten	1528	152839400
Augsburg. Das *Schaff* von 4 Metzen, 32 Vierling, 128 Viertel, 512 Mässle F.	2053	205266900
Das Fuder von 8 Jez, 16 Muids, 768 Mass, 1536 Seidle G. 1 *Mass* . .	14	1428219
Bayern 1 *Schaff* von 6 Metzen F.	2228	222841600
1 *Mass*, wovon 60 einen Eimer machen	6	617132
Berlin. Ein Winspel, wovon 4 eine Last machen, hat 2 Malter, 24 Scheffel, 96 Viertel, 384 Metzen, 1536 Mässchen. F 1 *Scheffel.*	544	54381440
— Das Fuder hat 4 Oxthoft, 6 Ohm, 12 Eimer, 24 Anker, 768 Quart. G. 1 *Quart* .	11,5	1150510

	Enthält Deciliter.	Kubirte Millimeter.
Bern. 1 Mütt von 48 Immi, 96 Achterli 192 Sechszehnerli	1584	158383600
— Das Landfass hat 1½ gemeine Fass, 6 Saum, 24 Eimer, 600 Mass oder Pinten. G. 1. *Pinte* . .	16,5	1649726
Bologna. 1 *Corba* von 2 Stari, 8 Quarteroni, 32 Quarticeni. F.	738	73791330
— 1 *Corba* von 2 Galbe, 4 Quartarola, 60 Boccali, 240 Foglietti G. . .	738	73791330
Brabant. Die Last hat 30½ Viertel, 130 Mucken. F. 1 *Viertel*	767	76707300
— 1 *Stoop*, wovon 152 ein Loth machen . . .	37,7	3773822
Breslau. Der Malter hat 12 Scheffel, 48 Viertel, 192 Metzen, 768 Mässl. F. 1 *Scheffel*	699	69903410
— Der Eimer hat 20 Topf, 80 Quart, 320 Quartierlein G. 1 *Quart* . .	7	694273
Cölln. 1 *Malter*, wovon 20 eine Last machen. F. . .	1621	162102900
— Der Ahm hat 26 Viertel, 104 Mass. G. 1 *Mass* .	15	1497647
Constantinopel. Der *Fortin* F.	351	35110630
— Die Mass *Alma* . . .	52	5236805
Dänemark. Die Kornlast hat 22 Tonnen, die Tonne hat 8 Scheffel, der Scheffel 4 Viertel. 1 *Tonne* . .	1391	139112500

	Enthält Deciliter.	Kubirte Millimeter.
Dännemark. Das Fuder hat 6 Ahm, 24 Anker, 240 Stübchen, 465 Kannen, 930 Pott, 3720 Päle. G. 1 *Pott*	9,66	966032
England. Die Lasst hat 2 Weys, 10 Quarters, 20 Combs, 40 Strickes, 80 Bushels. F. 1 *Bushel*	357	357253 20
— Die Tun hat 2 Pipes, 4 Hogsheads, 8 Barels, 252 Gallons, 504 Bottles, 2016 Pints. G. 1 *Gallon* . .	37,89	3788751
Ferrara. Der Moggio hat 20 Staga. F. 1 *Staga* . .	302	30230660
— 1 *Mastello* zu 8 Sechie. G.	819	81884600
Florenz. Der Sacco hat 3 Staga, 36 Quarti F. 1 *Staga* .	237	23684690
— 1 *Barillo* von 20 Fiachi, 40 Boccali, 80 Mezzetas .	417	41656400
Frankfurt am Main. 1 *Malter* von 4 Simmer, 8 Metzen, 16 Sechter, 64 Gescheid. F.	1080	107989200
1 *Stück Wein* von 1¼ Fuder, 7½ Ohm, 150 Viertel, 600 Mass	1475	147503400
Frankreich. Der Muid hat 12 Setier, 24 Mines, 48 Minots, 144 Boisseaux, 2304 Litrons. F. 1 *Boisseau*	127	12695290
— 1 *Muid* von 2 Feuilletes, 3 Tierçons, 4 Quartons, 36 Veltes, 228 Pintes G.	2814	281379100
— 1 *Quart* oder Pot von 2 Pintes, 4 Setiers, 8 Cho-		

	Enthält Deciliter.	Kubirte Millimeter.
pines, 16 Possons, 64 Roquilles	19	1904294
Genua 1 *Mina* von 8 Quarte F.	1167	116737200
— 1 *Mezzarola* von 2 Barilli, 200 Pintes. G. . . .	647	64666610
Gotha. 1 *Malter* von 2 Scheffel, 4 Viertel, 16 Metzen, 64 Mässchen	876	87617300
Hamburg 1 *Fass* von 2 Himmt. 8 Spint, 32 grossen, 64 kleinen Mass F. . .	1054	105370900
— Das Fuder hat 6 Ahm, 30 Eimer, 480 Kannen, 960 Quartier. G. 1 *Quartier*	9	905035
Hannover. Die Last hat 2 Wispel, 96 Himten F. 1 *Himte*	311	31103450
— 1 Fuder hat 4 Oxthoft, 6 Ahm, 15 Eimer, 480 Mass, 960 Quartier. G. 1 *Quartier*	10	971983
Leipzig und *Dresden.* Der Wispel hat 2 Malter, 24 Scheffel, 96 Viertel, F. 1 *Scheffel*	1067	106680100
— Das Fuder hat $2\frac{2}{5}$ Fass, 12 Eimer, 256 Kannen. G. 1 *Kanne*	12	1204069
Neapel. Der Carro hat 36 Tomoli. F. 1 *Tomolo* . .	512	51158020
Nürnberg. 1 *Metzen*, wovon 16 einen Simmer machen. F.	202	20175390
— Das Fuder hat 12 Eimer, 384 Viertel, 768 Mass G. 1 *Mass*	10	989339,5
Portugal. Der Moyo hat 15 Fa-		

	Enthält Deciliter.	Kubirte Millimeter.
negas, 900 Alqueires F.		
1 *Alqueir*	135	13508570
Portugal Die Tonelada hat 2 Pipas, 52 Almudas, 104 Alqueires, 624 Canhados.		
G. 1 *Canhado* . . .	14	1395159
Rom 1 *Robbio* von 22 Scorzi. F.	2672	267235700
— 1 *Barille* von 4½ Rubbi, 32 Boccali, 128 Foglietti, 412 Cartocci, G.	455	45514590
Russland. 1 *Osmuschka* C.	16	1586909
— — 1 Wedra	127	12695272
Schweden. 1 *Tonne* von 2 Span, 8 Viertel, 32 Kappor F.	1465	146511500
— — Das Fuder hat 2 Pippen, 4 Oxthoft, 6 Ahm, 12 Eimer, 360 Kannen.		
G. 1 *Kanne*	26	2618402
Spanien. 1 *Kastilianischer Cahiz* von 12 Fanegas, 144 Celemines F. . . .	571	57148630
— — 1 *Kastilianischer Cantaro* von 8 Aciembres. G.	158	15750090
Turin. 1 *Saccho* von 3 Staja, 6 Mine F.	1150	114951800
Warschau 1 *Korczez*, wovon 60 eine Last machen F.	511	51138200
— — 1 Weingarniec von 4 Quart	16	1596826
Zürch. 1 *Mütt* von 4 Viertel, 16 Vierling, 64 Mässli. F.	827	82717740
1 Mass G.	182	18249470

Gewichte.

153. Die allgemeinen Begriffe über Gewichte und Wagen sind bereits (§. 46) vorausgeschickt worden. — Als Einheit des natürlichen absoluten Gewichtes hat man unter dem Nahmen *Gramme* das wirkliche Gewicht desjenigen reinen Wassers gewählt, welches im Zustande seiner grössten Dichtigkeit, (ungefähr bey + 5°R. Thermometerstand und bey 76 Centimeter Barometerhöhe) in einem hohlen Würfel, wovon jede Seite einen Centimeter beträgt, enthalten ist. Der zehnte, hundertste, tausendste Theil eines Grammes heisst wieder Decigramme, Centigramme, Milligramme; zehn Gramme hingegen Decagramme, hundert Gramme Hectogramme, tausend Gramme Kilogramme, zehntausend Gramme Myriagramme.

154. Die Gewichte sind in verschiedenen Ländern eben so verschieden als die Masse. Man kann aber durch eine einfache Regel de tri ein Gewicht oder seine Einheiten leicht in Einheiten eines andern Gewichtes verwandeln, wenn man den Werth eines jeden in Milligrammen des natürlichen Gewichtes ausgedruckt kennet.

In den österreichischen Staaten gibt es 11 verschiedene, gesetzmässig bestimmte Gewichtsarten.

8. In den k. k. österreichischen Erbstaaten gesetzmässig bestimmte Gewichtssorten.

a. Valvationsgewicht zur Regulirung der übrigen Gewichte.

	Wägt Milligramme.
1 Wiener Mark, wovon 5 Mark genau 6 kölnischen Mark gleich sind, wird durch Halbirungen in 65536 Richtpfennige zertheilet	280644
1 Wiener Richtpfennig	4,28229

	Wägt Milligramme.
b. Münz- und Silberwaarengewicht.	
1 Mark von 16 Loth	280644
1 Loth von 4 Quentchen	17540,25
1 Quentchen von 4 Pfennigen	4385,062
1 Pfennig	1096,266
c. Handelsgewicht.	
1 Zentner von 100 Pfund	56001200
1 Pfund von 32 Loth (um 298 Wiener Richtpfennige geringer als 2 Mark) . . .	560012
1 Loth von 4 Quentchen	17500,38
1 Quentchen von 4 Sechszehnteln . .	4375,094
1 Sechszehntel	1093,773
d. Apotheker- oder Medikamentengewicht.	
1 Pfund von 12 Unzen (24 Loth Handelsgewicht)	420009
1 Unze von 8 Drachmen	35000,75
1 Drachme von 3 Skrupeln	4375,094
1 Skrupel von 20 Gran	1458,365
1 Gran	72,91823
e. Goldwaaren- oder Dukatengewicht.	
1 Dukaten, wovon 80⅗ eine Wiener Mark wägen, ist in 60 Grane zertheilt . .	3490,598
1 Dukatengran	58,17663
f. Juwelengewicht.	
1 Karat von 4 Gran	206,0851
1 Juwelengran	51,52128
g. Symbolisches Gewicht zur Prüfung des Goldes.	
1 verjüngte Mark von 24 Karat, wägt 1 Pfennig der Wiener Mark	1096,266
1 Karat von 12 Gran	45,67776
1 Gran	3,806480

	Wägt Milligramme.
h) Symbolisches Gewicht zur Prüfung des Silbers.	
1 verjüngte Mark von 16 Loth wägt 1 Pfennig der Wiener Mark	1096,266
1 Loth von 18 Gran	68,51664
1 Gran	3,806480
i) Symbolischer Bergzentner zur Prüfung des Metallgehaltes der Erze..	
1 Centner von 100 verjüngten Mark wägt 1 Quentchen der Wiener Mark . . .	4385,062
1 Mark von 16 Loth	43,85062
1 Loth von 16 Denaren	2,740665
k. Pisetgewicht in Siebenbürgen.	
1 Piset des in Siebenbürgen zur Abwägung des Waschgoldes gebräuchlichen Gewichtes	5207,261
l) Chocolategewicht.	
1 Pfund dieses Gewichtes wägt nur 28 Loth des Wiener Handelsgewichtes . . .	490011,5
9. Ausländische und einige im Inlande geduldete Gewichte.	
Amsterdam. 1 Pfund von 16 Unzen Handelsgewicht	493926,2
— — von 16 Unzen Troysgewicht	492004,4
— 1 Apothekerpfund von 12 Unzen Troysgewicht	369003,3
— 1 Mark Münzgewicht von 8 Unzen Troysgewicht, wovon die Unze in 20 Engels von 32 Asen zertheilet wird . .	246002,2
— Ase des Troysgewichtes	48,0473
Augsburg. 1 Pf. H. G. schweres von 32 Loth	491043,5
— Leichtes von 32 Loth	472593,2
— Mark Münzgewicht von 16 Loth .	236008,4
Bayern. 1 Pf. altes H. G. von 32 Loth .	561288
— 1 Pfund des 1811 neu regulirten Handels G.	560000

	Wägt Milligramme.
Bayern. Detto 1 Pfund des 1811 neu regulirten Apothekergewichts à 12 Unzen	360000
Berlin. 1 Pf. H. G. von 32 Loth	468461,2
— 1 Mark Münz-Gewicht von 16 Loth	233870
Bern. 1 Pf. Apot. G. von 12 Unzen	356655,2
Böhmen. 1 Prager Pf. H. G. von 32 Loth	514346,5
Breslau. 1 Pf. H. G. von 32 Loth	405231
— 1 Mark Münz-G. von 16 Loth	202615,5
Brüssel. 1 Pf. H. G. schweres von 16 Unzen	492004,4
— leichtes von 16 Unzen	466299
1 Mark Münz-G. von 8 Unzen	246002,2
Cölln. 1 Pf. H. G. von 32 Loth	467740,1
— 1 Mark Münz-G. von 16 Loth	233870
— 1 Richtpfennig davon	3,568574
Constantinopel. 1 Oka zu 4 Cheky, 400 Drammen, 6400 Kara, 25600 Grani	1275656
Dännemark. 1 Pf. H. G. von 32 Loth	499547,7
— 1 Mark Münz-G. von 8 Unzen	235768,2
Deutschland. 1 Apothek. Pf. = $1\frac{1}{2}$ Nürnb. Mark	357663,9
— 1 Unze Apoth. G. von 8 Drachmen	29805,33
— 1 Drachme von 3 Skrupeln	3725,662
— 1 Skrupel von 20 Gran	1241,889
— 1 Gran	62,09444
England. 1 Pf. König-G. $1\frac{1}{2}$ Avoir du poids	680421,9
— 1 Pf. Avoir du poids H. G. von 16 Unz.	453614,6
— 1 Pf. Troy-Münz- und Apothekergewicht von 12 Unzen	373135,3
— 1 Unze Apothek. G. von 8 Drachmen	31094,61
— 1 Drachme von 3 Skrupeln	3886,827
— 1 Skrupel von 20 Gran	1295,609
— 1 Gran	64,78044
— 1 Unze der Troy-Mark von 20 Pennys	31094,61
— 1 Penny von 24 Gräns	1554,731

	Wägt Milligramme.
England. 1 Grän von 20 Mits	64,78046
— 1 Mit	3,239023
Frankfurt. 1 Pf. Zentner-G. von 32 Loth	509061,1
— 1 Pf. Handels-G. von 32 Loth .	467019,8
Frankreich. 1 Pf. H. und Apoth. G. von 16 Unzen	489506,2
— 1 Mark Münz-G. von 8 Unzen .	244753,1
— 1 Unze von 8 Gros	30594,11
— 1 Gros von 72 Grains	3824,264
— 1 Grain	53,11478
Genua. 1 Pf. leichtes G. von 12 Unzen .	317112,2
Hamburg. 1 Pf. H. G. von 32 Loth . .	484316,8
Hannover. 1 Pf. H. G. von 32 Loth . .	486671,1
— 1 Pf. Apothek. G. von 12 Unzen .	364919,3
Krakau. 1 Pf. H. G. von 32 Loth . . .	404846,7
— 1 Mark Münz-G. von 16 Loth .	198819,7
Neapel. 1 Pf. von 12 Unzen $= \frac{9}{25}$ Rotolo .	320811,8
Nürnberg. 1 Pf. H. G. von 32 Loth . .	509781,8
— 1 Mark Münz-G. von 8 Unzen .	23844
Portugal. 1 Pf. von 2 Mark zu 8 Unzen .	4589'
Rom. 1 Pf. von 12 Unzen	339214
Russland. 1 Pf. H. G. von 32 Loth . .	408978,6
Sachsen. 1 Pf. H. G. von 32 Loth . .	466827,5
— 1 Mark Münz-G. von 16 Loth .	233461,8
Schlesien öster. 1 Pf von 32 Loth . . .	529838,5
Schweden. 1. Pf. Victualien-G. von 32 Loth	425122,5
— 1 Mark Berggewicht von 32 Loth	375826
— 1 Pf. Apoth-G. von 12 Unzen . .	356318,7
— 1 Mark Münz-G. von 16 Loth .	210639,4
Spanien. 1 Pf. H. G. von 16 Unzen . .	460293,1
— 1 Pf. Apoth-G. von 12 Unzen . .	345027,6
— 1 Mark Münz-G. von 8 Unzen .	230434,9
Turin. 1 Pf. H. G. von 12 Unzen . . .	369003,3
— 1 Pf. Apoth-G. von 12 Unzen .	307502,2

	Wägt Milli-gramme.
Turin. 1 Mark Münz-G. von 8 Unzen .	246002,2
Tyrol. 1 Pf. H. G. von 32 Loth . . .	562922,3
Ungern und *Siebenbürgen* 1 Oka . . .	1275656
— 1 *Ofner* Pf. H. G.	491466
— 1 *Presburger* Pf. H. G.	558107
Venedig. 1 Libra grossa von 2 Mark . .	477494
— 1 Pf. von 12 Unzen des Mark-Gewichts	358096,5
— 1 Libra sottile des Apoth. G. von 12 Unzen	302025,3
— 1 Pf. Peso grosso von 12 Unzen .	468172,9
— 1 Mark Münz-G. von 8 Unzen .	238747
Zürch. 1 Pf. leichtes G. von 2 Mark . .	468605,3

Vergleichung der Unzen und Grane des Apotheker-Gewichtes in den vorzüglichsten Ländern Europens.

	Wägt Milligramme die Unze.	Wägt Milligramme der Gran.
In Venedig	25169,18	52,43580
— Piemont	25624,92	53,38525
— Genua	26425,57	55,05327
— Neapel	26734,01	55,69587
— Portugal	26860,89	55,96011
— Rom	28267,48	58,89061
— Spanien	28752,39	59,90081
— Schweden	29693,76	61,86200
— Bern	29721,47	61,91974
— Deutschland	29805,33	62,09444
— Hannover	30409,82	63,35380
— Frankreich	30594,28	63,11478
— Holland	30750,35	64,06321
— England	31094,52	64,78027
— Österreich	35000,75	72,91823

Wagen.

155. Als Vorrichtungen zur Bestimmung des Gewichtes, bedienet man sich entweder der *gleicharmigen Hebelwage* (Schal- oder Krämerwage) oder der *ungleicharmigen Hebelwage* (Schnellwage) oder der *Stahlfederwage* (Sackwage). Eine Abart der letzteren ist der *Kraftmesser, Dynamometer.* Wo es auf Genauigkeit ankommt, bedienet man sich durchaus der ersten.

In den neuesten Zeiten sind auch hydrostatische Wagen zur Bestimmung des absoluten Gewichtes der Körper (vorzüglich sehr grosser Lasten) vorgeschagen worden; nähmlich hohle, auf Wasser schwimmende Kasten, die durch den Grad des Eintauchens (§. 83) das Gewicht des darauf befindlichen Körpers z. B. eines geladenen Heu- oder Lastwagens angeben.

156. Die Bestandtheile einer gleicharmigen Hebelwage sind der Wagebalken, der Zapfen, die Scheere (Unterlage), die Zunge, die Schalen. Der *Wagebalken* muss gleichlange Arme haben, denn sonst würde ein Gewicht am kürzeren Arme einem gleichen Gewichte am längeren Arme nicht das Gleichgewicht halten. Dann muss er so stark seyn, dass er durch das grösste Gewicht, womit die Wage belastet werden soll, nicht gebogen werden kann, weil durch das Biegen der Abstand vom Ruhepunkte verändert wird und die Wage dadurch aufhöret gleicharmig zu seyn. Um das Magnetischwerden des Wagebalkens zu verhüten, fängt man an, sie lieber aus einem andern Metalle, als aus Eisen oder Stahle zu verfertigen. Zur Verminderung der Reibung werden die *Zapfen* dort, wo sie auf der Scheere ruhen, zugeschärft. Der Ruhepunkt des Wagebalkens darf mit dessen Schwerpunkte nicht zusammen treffen, sonst würde sich der Wagebalken bey dem geringsten Übergewichte auf der einen Seite ganz senkrecht stellen; noch viel weniger darf der Schwerpunkt über dem Ruhepunkte liegen, sonst würde sich der Wagebalken, im obenge-

nannten Falle ganz umdrehen: sondern der Schwerpunkt muss etwas unter dem Ruhepunkte zu liegen kommen, doch nicht zu tief, damit die Wage den nothwendigen Grad von Empfindlichkeit behalte. Die *Scheere* enthält die Unterlage und den Aufhängepunkt der Wage und meistens auch das *Absehen.* — Die *Zunge* steht senkrecht auf der Mitte des Wagebalkens und gibt durch ihr Zusammentreffen mit dem Absehen die genau horizontale Lage des Wagebalkens an. Das Absehen ist auch öfters seitwärts angebracht; dann bedarf die Wage keiner Zunge.

157. Die Empfindlichkeit einer Wage wird geschäzzet nach dem Bruchtheile ihrer vollen Belastung, der sie aus dem Gleichgewichte zu bringen im Stande ist. Eine Zentnerwage also, die, wenn sie auf beyden Seiten mit einem Zentner beschweret ist, durch ein Loth aus dem Gleichgewichte gebracht wird, schlägt den 3200sten Theil des auf ihr lastenden Gewichtes aus und ist folglich eben so empfindlich, als eine Wage, deren grösste Beschwerung 3200 Gran ist, wenn diese durch Einen Gran aus dem Gleichgewichte gebracht wird, oder als eine für 100 Gran bestimmte Wage, die $\frac{1}{32}$ Gran ausschlägt.

158. Gibt man einer guten Schal-Wage eine solche Einrichtung, dass man damit Körper eben so gut in der Luft, als in einer tropfbaren Flüssigkeit z. B. in Wasser wägen kann, so hat man eine *hydrostatische Wage* (Fig. 10) deren man sich vorzüglich zur Bestimmung des specifischen Gewichtes bedient. Diese Einrichtung erhält sie dadurch, dass man statt der einen, gewöhnlich in ziemlich langen Schnüren hängenden Wagschale, eine ganz kurzhängende unten mit einem Haken versehene Wagschale anbringt. An diesem Haken c hängt dann mittelst eines Platindrathes e ein gläsernes Eimerchen f, welches man nun in jede tropfbare Flüssigkeit eintauchen lassen kann, und welches dazu bestimmt ist, den in der oberen Schale, also in der Luft

gewogenen Körper aufzunehmen, wenn er in einer tropfbaren Flüssigkeit, gewöhnlich in Wasser gewogen werden soll.

Von dem specifischen Gewichte.

159. Als Einheit des specifischen Gewichtes, womit man das aller andern Körper vergleichet, hat man das specifische Gewicht des reinen Wassers bey einer bestimmten Temperatur (meistens bey + 14° R.) angenommen, und dieses, damit man eben so bequem hinauf, als, ohne in Brüche zu kommen, herabzählen könne, mit der Zahl 1000 ausgedruckt.

Um jedoch anzudeuten, dass diess 1000 eigentlich die Stelle der Einheit vertrete, werden die Nullen durch einen Strich von der Einheit abgesondert und so wie Decimalzahlen geschrieben, doch so wie ganze Zahlen ausgesprochen. Wenn das specifische Gewicht des Wassers nicht genannt ist, so wird es immer als tausend verstanden, wenn die Zahl, welche das specifische Gewicht eines andern Körpers ausdruckt, hinter dem Striche 3 Stellen hat. Hat diese Zahl aber hinter dem Striche mehrere oder weniger Decimalstellen, so muss man das specifische Gewicht des Wassers durch 1 mit eben so viel Nullen als Decimalstellen vorhanden sind ausgedruckt verstehen. z. B. Wenn es heisst, das specifische Gewicht der atmosphärischen Luft sey 0,0019, so ist jenes des Wassers als 1,0000 angenommen: und wenn das specifische Gewicht des Zirkons mit 4,7 angegeben ist, so wird das specifische Gewicht des Wassers mit 1,0 ausgedruckt verstanden.

160. Wenn man also das specifische Gewicht eines Körpers bestimmen will: so muss man finden, wie sich sein specifisches Gewicht zu jenem des Wassers verhält. — Da sich nun das specifische Gewicht zweyer Körper von gleichem Volumen, gerade wie ihr absolutes Gewicht verhält: so darf man nur das absolute Gewicht eines gleichen Umfanges Wasser und des zu untersuchenden

Körpers wissen, um auch das Verhältniss ihres specifischen Gewichtes zu kennen. Will man nun das specifische Gewicht des letzteren gegen das Wasser = 1000 gesetzt erfahren; so machet man die einfache Regel de tri: Wie sich das absolute Gewicht einer gleichen Ausdehnung des Wassers zu dem absoluten Gewichte derselben Ausdehnung des zu untersuchenden Körpers verhält, so verhält sich 1000 zu x d. h. dem specifischen Gewichte dieses Körpers.

Ein Kubikzoll Wasser wäge 250 Gran, ein Kubikzoll Gold 4839 Gran: so macht man die Proportion:

$250 : 4839 = 1000 : x.$

$$4839 \times 1000 = \frac{4839000}{250} = 19,356$$

19,356 ist also das specifische Gewicht des Goldes; oder das Gold ist mehr als 19 Mahl so schwer, als das Wasser unter gleicher Ausdehnung.

161. Das Volumen unregelmässiger Körper lässt sich aber mit dem Masstabe sehr schwer oder gar nicht so genau bestimmen, als es nothwendig ist, um sein Gewicht mit dem Gewichte eines gleichen Volumens Wasser vergleichen zu können. Man suchet also das absolute Gewicht gleicher Volumen des zu untersuchenden Körpers und des Wassers auf andern mittelbaren Wegen, welche nach der Form der Körper verschieden sind, und worauf sich die verschiedenen Methoden, das specifische Gewicht der Körper zu bestimmen, gründen.

1. Methode, das specifische Gewicht von Gasarten zu bestimmen.

162. Man mache einen gläsernen Ballon so viel als möglich luftleer, und wäge ihn in diesem Zustande genau. Dann fülle man ihn mit reinem Wasser, wäge ihn abermahls, ziehe von dem jetzigen Gewichte das vorige

ab, so hat man das absolute Gewicht einer Ausdehnung Wasser, die dem Inhalte des Ballons gleich ist. Das Gewicht des luftleeren Ballons und das Gewicht des Wassers schreibe man sich für immer, am besten mit Diamant auf den Ballon selbst, auf. Nun fülle man den Ballon mit der zu untersuchenden Gasart, ziehe von diesem Gewichte jenes des luftleeren Ballons ab, so bleibt das absolute Gewicht eines Volumens der Gasart übrig, welches dem Inhalte des Ballons gleich ist. Man hat also das absolute Gewicht einer gleichen Ausdehnung des Wassers und der Gasart, und also nur noch das Verhältniss des specifischen Gewichtes der Gasart zu jenem des Wassers = 1000 nach obiger Regel de tri zu berechnen.

Der luftleere Ballon wäge 10000 Gran; mit Wasser gefüllt 194720 Gran, mit Lebensluft gefüllt 10128 Gran, so ist 194720 — 10000 = 94720 das absolute Gewicht des Wassers; 10128 — 10000 = 128 das absolute Gewicht der Lebensluft:

folglich 94720 : 128 = 1000 : $1\frac{351}{1000}$ oder wenn das specifische Gewicht des Wassers = 1,000000 gesetzt wird, so ist jenes der Lebensluft 1351 oder 0,001351.

Das specifische Gewicht von Dämpfen lässt sich wegen der Unbeständigkeit ihrer Luftgestalt nur schwer bestimmen. Man schätzet dasselbe durch Vergleichnug ihrer Volumen im gasförmigen Zustande mit ihren Volumen nach dem Übergange in tropfbaren Zustand. Wenn z. B. die Wasserdämpfe, die ein Gefäss von 14000 Kubiklinien ganz anfüllen, beym Erkalten nur Eine Kubiklinie Wasser geben: so ist, da sich bey gleichem absoluten Gewichte die specifischen Gewichte umgekehrt wie die Ausdehnungen verhalten, Wasserdampf 14000 Mahl leichter als Wasser.

Bey der Behandlung von Gasarten hat man vorzüglich auf die Temperatur Rücksicht zu nehmen.

2. Methoden, das specifische Gewicht von tropfbaren Körpern zu nehmen.

163. Bey tropfbaren Körpern erhält man gleiche Volumen entweder auf unmittelbarem oder auf mittelbarem Wege.

a. Gleiche Volumen unmittelbar verglichen.

Man bringe ein leeres Fläschchen mit eingeriebenem Stöpsel auf der Wage ins Gleichgewicht. Dann fülle man das Fläschchen mit reinem Wasser und wäge dieses Wasser. (Die Tara des Fläschchens und das absolute Gewicht des Wassers schreibet man sich für alle künftige Fälle, mit Diamant ins Fläschchen selbst.) Darauf leere man das Wasser aus, trockne das Fläschchen und wäge es mit der zu untersuchenden Flüssigkeit. Und nun heisst es: Wie sich verhält das Gewicht des Wassers zu jenem der zu untersuchenden Flüssigkeit, so verhält sich 1000 zu dem specifischen Gewichte des letzteren.

Das Wasser, womit das Fläschchen gefüllt ist, wäge 516 Gran. Die Salzsäure, womit das Fläschchen gefüllt wird, wäge 616 Gran.

$516 : 616 = 1000 : x$

$616 \times 1000 = \frac{616000}{516} = 1193$ das specifische Gewicht dieser Salzsäure.

Herr Apotheker *Meissner* hat diese Methode verbessert und sie unter andern durch Verfertigung von eigenen Gewichten für jedes Fläschchen, viel bequemer gemacht. Das grösste dieser Gewichte mit 1,000 bezeichnet, ist dem Gewichte des Wassers, welches das Fläschchen fasst, gleich. Dieses ist dann weiter nach dem Decimalsysteme bis auf 0,001 untergetheilt, so dass das auf der Wagschale liegende Gewicht schon das specifische Gewicht der gewogenen Flüssigkeit gibt, und also alles Rechnens überhebt.

b. Gleiche Volumen tropfbarer Körper mittelbar verglichen.

Nach §. 84. verliert ein fester Körper in einem flüssigen, um so mehr von seinem Gewichte, je grösser das specifische Gewicht der Flüssigkeit ist, weil er immer so viel verliert, als die Flüssigkeit unter gleicher Ausdehnung wägt. Wird also ein fester Körper zuerst in der Luft gewogen, so erhält man (mit der Einschränkung nach §. 46) sein absolutes Gewicht. Wird er nun in Wasser gewogen, so wägt er weniger und sein Gewichtsverlust ist das absolute Gewicht einer gleichen Ausdehnung Wasser. Wägt man ihn darauf, statt in Wasser, in einer andern mehr oder weniger dichten Flüssigkeit, so wird er mehr oder weniger von seinem Gewichte verlieren; und der jedesmahlige Gewichtsverlust ist das Gewicht einer gleichen Ausdehnung der zu untersuchenden Flüssigkeit. Man hat also wieder das absolute Gewicht einer gleichen Ausdehnung des Wassers und der zu untersuchenden Substanz. Folglich heisst es: Wie sich der Gewichtsverlust im Wasser zum Gewichtsverluste in der andern Flüssigkeit verhält; so verhält sich 1000 zu dem specifischen Gewichte der letzteren.

Zu diesem Ende bedienet man sich eines, an einem feinen Platindrathe (oder im Falle der Noth an einem Pferdehaare) hängenden Glastropfen, weil dieser von den wenigsten Flüssigkeiten angegriffen wird, bringt ihn an der hydrostatischen Wage ins Gleichgewicht, wägt ihn zuerst im Wasser, dann in der zu untersuchenden Flüssigkeit und bemerkt den jedesmahligen Gewichtsverlust.

Der Glastropfen verliere im Wasser 735 Gran;
in einer Salzlauge 774 — :
so ist das specifische Gewicht der Salzlauge:

$$735 . 774 = 1000 : x = \frac{774000}{735} = 1{,}053$$

Das specifische Gewicht von Quecksilber kann man auf diese Weise nicht finden, weil Glas darin nicht untertaucht und

das darin zwar untertauchende Gold und Platin davon angegriffen wird.

3. Methoden, das specifische Gewicht fester Körper zu bestimmen.

164. Je nachdem der auf sein specifisches Gewicht zu untersuchende Körper im Wasser unauflösclich oder auflöslich ist; je nachdem er auf demselben schwimmt oder darin untersinkt; je nachdem er endlich eine grössere, fassbare Masse oder ein mehr weniger feines Pulver darstellet, müssen diese Methoden etwas abgeändert werden.

a. Im Wasser unauflösliche, untersinkende Körper.

165. Man wägt den Körper auf der hydrostatischen Wage zuerst in der Luft (also auf der oberen kurzhängenden Wagschale), dann im Wasser (in dem ins Wasser gesenkten gläsernen Eimerchen) und macht dann die Proportion: Wie sich der Gewichtsverlust dieses Körpers im Wasser (also das absolute Gewicht einer gleichen Ausdehnung Wasser) zu seinem absoluten Gewicht verhält, so verhält sich 1000 zu x, dem specifischen Gewichte dieses Körpers.

Eine Platinmedaille wägt in der Luft 1239,75 Gran
im Wasser 1180,75 —
verliert also im Wasser 59 Gran; folglich:
59 : 1239,75 = 1000 : 21012.

Gewicht vom Zinnober in der Luft 8352 Gran
im Eimerchen im Wasser 7287 —
also Gewichtsverlust im Wasser 1065; folglich:
1065 : 8352 = 1000 : 7842.

b. Im Wasser unauflösliche, aber darauf schwimmende, fassbare Körper.

166. Man wäge den Körper in der Luft; dann binde man ihn mittelst eines metallenen Fadens an ein Stück Metall z. B. Silber, Bley u. dgl., welches schwer genug

ist, ihn unter das Wasser zu versenken. Von dem Stück Metall sammt Faden muss man aber zuvor das Gewicht in der Luft und den Gewichtsverlust im Wasser kennen. Darauf wäge man den an das Metall gebundenen Körper in Wasser. Von dem ganzen Gewichtsverluste ziehe man den schon bekannten Gewichtsverlust des Metalls und des Fadens ab; so erhält man den Gewichtsverlust des zu untersuchenden Körpers in Wasser. Wie sich dieser Gewichtsverlust (der hier immer mehr als das absolute Gewicht desselben Körpers beträgt) zu seinem absoluten Gewichte verhält; so verhält sich 1000 : x seinem specifischen Gewichte.

Ein Stück Tannenholz, das Stück Silber und der feine Silberdrath *wägen* zusammen *in der Luft* . . . 1262 Gran
Das Silber sammt dem Drath 1235 —
Folglich das Holz allein 27 —
Das Silber sammt Drath *verlieren* beym Wägen *im Wasser* 119 Gran.
Silber, Drath und Holz zusammen 168 —
Also das Holz allein 49 —
Folglich 49 : 27 = 1000 : 551 oder 0,551.

c. Im Wasser unauflösliche, darauf schwimmende, nicht fassbare Körper, in Körnern, Pulver, Staub u. dgl.

167. Man tarire ein Fläschchen mit eingeriebenem Stöpsel. Dann fülle man es mit reinem Wasser und suche dessen Gewicht. Nun schütte man in das entleerte Fläschchen die vorher gewogene, zu untersuchende, pulvrige Substanz, fülle den übrigen Raum mit Wasser aus, warte, bis sich keine Luftblasen mehr entwickeln und wäge es wieder. Es wird nun weniger wägen, als es vorher mit Wasser allein gefüllt gewogen hatte. Dieser Gewichtsverlust ist dem Gewichtsverluste dieser Substanz im Wasser gleich, und wie sich dieser verhält zum absoluten Gewichte, so verhält sich 1000 : x

Holzkohlenstaub wägt in der Luft 100 Gran
Das Wasser im Fläschchen wäge 1800 —

Holzkohle und Wasser zusammen im Fläschchen . 1520 Grau
also Gewichtsverlust 280 —
folglich 280 : 100 = 1,000 : 0,357.
Dieses Verfahren kann man auch bey feinen Pulvern anwenden, die im Wasser zwar untersinken, aber sich doch darin leicht vertheilen z. B. alle feingepulverten Erden.

d. Im Wasser unauflösliche, dasselbe aber einsaugende, darin untersinkende Körper.

168. Man wäge zuerst den Körper trocken in der Luft. Dann lasse man ihn so lange im Wasser liegen, bis er nichts mehr einsaugt, wäge ihn wieder und bemerke die Gewichtszunahme. Darauf wäge man denselben im Wasser. Zu dem sich dabey ergebenden Gewichtsverluste addire man die durch das Einsaugen des Wassers erhaltene Zunahme und verfahre dann weiter, wie gewöhnlich.

Ein Stück Sandstein wäge trocken in der Luft . 1000 Gran
mit Wasser vollgesogen 1020 —
Das eingesogene Wasser wägt also 20 —
Dieser vollgesogene Sandstein verliere im Wasser von seinen 1000 Gran absoluten Gewichtes 430 Gran
Dazu die 20 Gran des eingesogenen Wassers, macht 450 —
Folglich 450 : 1000 = 1,000 : 2,222.
Sollen diese Resultate ganz richtig seyn, so darf sich der Körper durch das Einsaugen nicht auch aufblähen wie z. B. ein Schwamm, Strick u. dgl.

e. Im Wasser auflösliche Körper.

Man wäge sie in der Luft; dann in Weingeiste Äther oder in einer andern Flüssigkeit von bekanntem specifischen Gewichte, worin sie nicht auflöslich sind, und bemerke den Gewichtsverlust. Dann rechne man gerade so als wäre die Flüssigkeit Wasser, nur dass man statt 1000 das specifische Gewicht der Flüssigkeit setzet, worin der Körper gewogen worden ist.

Absolutes Gewicht von einem Stück Steinsalz . . 100 Gran
Verlust in Alkohol 40,41 —

Specifisches Gewicht des Alkohols , . . 0,866

Folglich: 40,41 : 100 = 866 : 2,143

Von manchen Substanzen z. B. den Metalloiden, welche so veränderlich sind, dass man sie nicht ins Wasser, ja nicht ein Mahl an die Luft bringen darf, findet man das specifische Gewicht dadurch, dass man eine auf sie nicht einwirkende Flüssigkeit sucht, in der sie eben unterzusinken anfangen. Das specifische Gewicht dieser Flüssigkeit ist dann auch beynahe jenes der zu untersuchenden Substanz.

Aräometrie.

170. Nach den angegebenen Methoden kann das specifische Gewicht am genauesten genommen werden. Wo es aber mehr auf Leichtigkeit und Geschwindigkeit als auf die höchste Genauigkeit ankommt, leisten die *Aräometer* (Senkwagen, Dichtigkeitsmesser) gute Dienste. Man bedienet sich ihrer vorzüglich zur Bestimmung des specifischen Gewichts tropfbarer Körper. Es gibt davon zwey Arten: *Aräometer mit Gewichten* und *Aräometer mit Skalen.*

171. Der *Aräometer mit Gewichten* heisst auch der *Nicholson'sche Gravimeter.* Er besteht, wie Fig. 11 zeigt, aus einem hohlen Cylinder A (meistens von Silberblech aber besser von Glas) an dem unten ein konischer, schälchenförmig vertiefter Senker B hängt, um das Instrument im Wasser senkrecht zu halten. Oben trägt er auf einem ungefähr 3 Zoll langen, in der Mitte mit einem Einschnitte f bezeichneten Platindrathe ein silbernes Kreutz d, auf welchem ein bewegliches silbernes Schälchen b für die Gewichte ruht. Das ganze Instrument muss specifisch leichter seyn, als die leichteste Flüssigkeit, deren specifisches Gewicht man damit bestimmen will, weil es nur zu gebrauchen ist, wenn es schwimmt.

172. Wenn man mittelst dieses Instrumentes das specifische Gewicht einer Flüssigkeit nehmen will, so

suche man zuvor das absolute Gewicht des Instrumentes. Dann stelle man es in destillirtes Wasser und lege so lange Gewichte auf das Schälchen, bis der Aräometer genau bis an den Einschnitt f des Platindrathes eintaucht. Dieses Gewicht, sammt dem Gewichte des Aräometers ist zugleich das Gewicht eines dem eingetauchten Theile des Instrumentes gleichen Volumen's Wasser. Dann tauche man den Aräometer in die zu untersuchende Flüssigkeit und bemerke, wie viel Gewichte in das Schälchen gelegt werden müssen, bis es in dieser zu dem Zeichen f eintaucht. Die Gewichte im Schälchen sammt dem absoluten Gewichte des Aräometers geben das Gewicht eines dem eingetauchten Theile des Instruments gleichen Volumen's der zu untersuchenden Flüssigkeit. Wie sich nun das Gewicht eines gleichen Volumens Wasser und der zu untersuchenden Flüssigkeit zu einander verhalten: so verhält sich 1000 : x dem specifischen Gewichte dieser Flüssigkeit.

Das Instrument wägt 1000 Gran und braucht, um bis zu f einzutauchen 314 Gran
Also beyde Gewichte zusammen 1314 —
Um in dem zu untersuchenden Weingeiste bis an f einzutauchen, muss man auf die Schale legen 65 Gran.
Dieses Gewicht sammt dem des Instrumentes macht 1065 Gran.
1314 und 1065 sind also die absoluten Gewichte gleicher Volumen vom Wasser und von dem Weingeiste; folglich:
1314 : 1065 = 1000 : 0,810.

173. Dieses Instrumentes kann man sich auch bedienen, um das specifische Gewicht von festen Körpern zu nehmen. In diesem Falle ist es am besten von Silber, weil es nur in destillirtes Wasser eingetaucht werden darf. Auch braucht man dazu sein absolutes Gewicht nicht zu kennen. — Man untersucht erstens, wie viel Gewicht man auf das Schälchen legen muss, damit der Gravimeter in destillirtem Wasser bis an das Zeichen f eintauche. Dieses nennet man das *Normalgewicht* und

schreibt es für immer z. B. am Futteral des Instrumentes auf. Dann nimmt man die Gewichte aus dem Schälchen, legt den auf sein specifisches Gewicht zu prüfenden Körper hinein und so lange Gewichte zu, bis das Instrument wieder an das Zeichen f untertaucht. Die zugelegten Gewichte von dem Normalgewichte abgezogen, geben das absolute Gewicht des Körpers. Darauf legt man den Körper in das Schälchen c am Senker, wägt ihn also im Wasser. Das Gewicht, welches man nun in das obere Schälchen legen muss, ehe der Gravimeter das bekannte Zeichen f erreicht, wird mehr betragen als das vorige. Diese Differenz gibt den Gewichtsverlust des Körpers im Wasser an. Wie sich nun dieser verhält zu seinem absoluten Gewichte, so verhält sich 1000 zu seinem specifischen Gewichte.

Das Normalgewicht des Gravimeters sey 314 Gran.
Wenn man ein Stück Calomel in das obere Schälchen legt, braucht man nur 10 Gran Gewicht zuzulegen; also absolutes Gewicht des Stückchens Calomel 314 — 10 = 304.
Wenn dasselbe Stückchen Calomel im unteren Schälchen liegt, braucht man 65 Gran; es verliert also beym Wägen im Wasser 55 Gran. Folglich 55 : 304 = 1,000 : 5,527 dem specifischen Gewichte des Calomels.
Das specifische Gewicht lässt sich mit diesem Instrument weder leichter noch geschwinder nehmen; nur auf Reisen gewährt es den Vortheil, dass es leichter zu transportiren ist, als eine hydrostatische Wage und dass man es sowohl für feste (freylich nur von einem beschränkten absoluten Gewichte) als für flüssige Substanzen brauchen kann. — Auf demselben Grundsatze beruht die Wage, von der oben in der Anmerkung zu §. 155 gesprochen wurde.

174. Die *Aräometer mit Skalen* sind hohle, entweder gleichförmig cylindrische (Fig. 12) oder bauchige, unten mit einem Senker c (Fig. 13), oben mit einer Skalenröhre b versehene Körper, die in den zu untersuchenden Flüssigkeiten nie ganz untertauchen, sondern darin senkrecht schwimmen müssen. Sie sind nur für tropfbare Körper

anwendbar. Ihr Gebrauch beruht auf dem hydrostatischen Grundsatze (§. 83), dass ein schwimmender Körper von unveränderlichem Gewichte (und solche sind die eben beschriebenen Skalenaräometer) in leichteren Flüssigkeiten tiefer und in schwereren Flüssigkeiten weniger tief eintaucht. Den Grad des Eintauchens zeigt die an der Röhre angebrachte Skale. Wenn nun die Skale nach Versuchen so eingerichtet ist, dass sie das specifische Gewicht der Flüssigkeit anzeigt, in welcher das Instrument bis zu diesem Grade eintaucht; so kann man auf diese Weise das specifische Gewicht von Flüssigkeiten sehr leicht und geschwind finden.

Gleichförmige, cylindrische Glasröhren, mit eingeschmolzenen, auf Papier geschriebenen Skalen und mit einer etwas weiteren Glasröhre (F. 14) als Eintauchungsgefäss versehen, wie sie zuerst von *Richter* verfertigt wurden, nun aber in grösserer Vollkommenheit vom Hrn. Apotheker *Meissner* in Wien dargestellt werden, sind zwar etwas gebrechliche, aber doch die bequemsten Instrumente dieser Art, mit denen man das specifische Gewicht auch sehr geringer Quantitäten von Flüssigkeiten bestimmen kann.

175. Die Skalen der Aräometer waren anfänglich nicht so eingerichtet, dass sie das specifische Gewicht der Flüssigkeit angegeben hätten; sondern die Eintheilung in Grade war ganz willkürlich. Solche Aräometer konnten also nur lehren, dass zwey Flüssigkeiten z. B. zwey Sorten von Weingeist, in welchen ein und dasselbe Instrument bis auf den nähmlichen Grad eintauchte, von gleichem specifischen Gewichte seyen, oder dass diejenige schwerer sey, in die es weniger, und diejenige leichter, in die es tiefer eintauchte. Solcher Instrumente bediente man sich vorzüglich in jenen Anstalten, wo Salzlaugen bis auf einen durch Erfahrung bestimmten Grad concentrirt seyn mussten, um zur weiteren Verarbeitung, wie zum Einsieden oder Krystallisiren tauglich zu seyn. z. B. in Salpeter- oder Salzsiedereyen, wo man sie *Salpeter-* oder *Salzspindel* hiess. — Die Grade von

mehreren solchen Instrumenten stimmten aber nicht mit einander überein. In derselben Flüssigkeit zeigte das eine Instrument 10, das andere 25 Grade u. dgl. *Beaumé* suchte also dadurch *correspondirende Aräometer* zu machen, dass er jedes Instrument in zwey Flüssigkeiten von verschiedenem aber sehr beständigen specifischen Gewichte eintauchte; und zwar in reines Wasser und in eine Lauge aus 9 Theilen Wasser und Einem Theile Kochsalz bey einer bestimmten Temperatur. Den Abstand zwischen diesen zwey Punkten theilte er in 10 gleiche Theile, die er seine Grade nannte und seiner Skale dann weiter aufwärts für leichtere Flüssigkeiten als Wasser und abwärts für schwerere Flüssigkeiten auftrug. — Wenn die Instrumente auf diese Art genau verfertigt werden (vorzüglich wenn die Skalenröhre streng cylindrisch ist), so müssen sie alle in derselben Flüssigkeit bis auf denselben Grad eintauchen. — Weil bey einem Instrumente, welches sowohl für Flüssigkeiten die leichter als für solche die schwerer als Wasser sind, bestimmt ist, die Skale zu lang ausfallen und dasselbe theils durch diese Länge, theils durch das vermehrte Schwanken, durch die Schwierigkeit es in schweren Flüssigkeiten senkrecht zu erhalten und auch dadurch, dass man zu grosse Quantitäten vorzüglich von leichteren Flüssigkeiten zur Untersuchung nöthig hätte, unbequem werden würde: so machte Beaumé eigene Instrumente für Flüssigkeiten, die schwerer und eigene für Flüssigkeiten, die leichter als Wasser sind. Bey ersteren (Fig. 13) ist der Punkt, bis auf den sie in reinem Wasser eintauchen, ganz oben, heisst Null (o), und die Grade werden von oben nach unten gezählt. Eine Schwefelsäure von 30° Beaumé ist also schwerer, als eine Schwefelsäure von 25° B. Bey dem Instrumente für leichtere Flüssigkeiten als Wasser (Fig. 15) ist der Punkt, auf welchem sie in destillirtem Wasser stehen, ganz unten mit 10 bezeichnet und die Grade werden von unten nach

oben gezählt. Alkohol von 40° B. ist also leichter als Alkohol von 32° B.; Alkohol von 10° B. gibt es nicht, denn dieser wäre destillirtes Wasser.

Aus den eben angeführten Gründen hat auch Herr *Meissner* für Flüssigkeiten, die leichter und die schwerer als Wasser sind, nicht wie *Richter* eine gemeinschaftliche, sondern für jede von beyden eine besondere Röhre bestimmt. Die erwähnten Gründe mussten bey dieser Art von Instrumenten wegen ihrer ohnehin beträchtlicheren Länge und wegen der engen Eintauchsröhre noch mehr berücksichtigt werden. Bey einer so langen Röhre, als erforderlich wäre, um die Skale für beyde Arten von Flüssigkeiten aufzunehmen, würde das Schwanken, Schiefstehen und Anstreifen, wodurch die Richtigkeit oder doch wenigstens die Empfindlichkeit des Instruments nothwendig leiden muss, nicht zu vermeiden seyn. — Nach einigen Angaben soll Beaumé andere fixe Punkte, eine andere Salzlauge zur Bestimmung der Grade für Flüssigkeiten, die schwerer sind als Wasser, gewählt haben, als die obengenannte Kochsalzlauge zur Bestimmung der Grade für Flüssigkeiten, die leichter als Wasser sind.

176. Um diese Instrumente für gewisse Zwecke noch bequemer einzurichten, zeigen die Grade bey gemischten Flüssigkeiten die Procente dem Gewichte oder Umfange nach an, in welchem der Hauptkörper vorhanden ist. Dann gehört aber für die Mischung jeder zwey Flüssigkeiten ein eigenes Instrument mit einer genau nach der Erfahrung eingerichteten Skale. Das Instrument, welches in einer Auflösung von Salpeter in Wasser die Procente des ersteren angibt, ist für eine Pottaschenauflösung gar nicht anwendbar; eben so wenig als ein Alkoholprocenten-Aräometer als ein Ammoniakprocenten-Aräometer gebraucht werden kann. Es gibt also Aräometer, deren Grade die Procente von absolutem Alkohol angeben, die in was immer für einem Weingeiste, der nichts als Wasser beygemischt hat, enthaltem sind; andere die Procente vom reinsten Ammoniak, von der möglichst wasserfreyen Schwefel-, Salpeter- und Salz-

säure, von Salpeter in einer Salpeterlauge, von Pottasche in einer Pottaschlauge u. dgl. m. Diese heissen *Gewichtsprocenten-Aräometer.* Andere geben an, wie viel Mass Alkohol in 100 oder in 40 Mass (einem Eimer) eines gewissen Weingeistes vorhanden sind, u. dgl. Diese heissen *Umfangsprocenten-Aräometer.*

Es gibt auch gemischte Aräometer, welche z. B. angeben, wie viel Pfund Pottasche in einem Eimer Lauge aufgelöset sind.

177. Wenn man Aräometer besitzet, welche genau das specifische Gewicht angeben, so kann man die andern Instrumente leicht entbehren; indem es schon nach der Erfahrung verfertigte Tabellen gibt, welche anzeigen, wie sich die Beauméschen Grade zu dem specifischen Gewichte verhalten und wie viel in einer gewissen Flüssigkeit von bestimmtem, specifischen Gewichte von dem einen oder dem andern Körper vorhanden ist, z. B. wie viel ein Weingeist von bestimmtem, specifischen Gewichte reinen Alkohol, wie viel eine verdünnte Schwefelsäure von bestimmtem, specifischen Gewichte reine Schwefelsäure enthalte u. dgl.

178. Bey dem Gebrauche der Aräometer, so wie bey der Bestimmung des specifischen Gewichtes überhaupt, muss auf die Temperatur sehr viel Rücksicht genommen und die Versuche müssen, wo möglich, bey jener Temperatur angestellt werden, für welche die Instrumente eingerichtet sind, und welche daher bey besseren Instrumenten immer in der Nähe der Skale angezeigt ist. Sonst muss man immer die Temperatur angeben, bey welcher der Versuch gemacht worden ist. — Die Instrumente müssen sehr rein gehalten werden, in der Flüssigkeit senkrecht stehen, nicht mit Gewalt unter dieselbe gedruckt werden, weil etwas davon hängen bleibt, das absolute Gewicht des Aräometers vermehrt und dadurch seine Aussagen etwas unrichtig macht.

Reductionstabelle der Beauméschen Aräometergrade auf das specifische Gewicht.

Für Flüssigkeiten, welche leichter sind als Wasser.				Für Flüssigkeiten, welche schwerer sind als Wasser.					
Gr.	specifi. Gewichte	Gr.	specifi. Gewichte	Gr.	specifi. Gewichte	Gr.	specifi. Gewichte	Gr.	specifi. Gewichte
62	0,7251	31	0,8693	0	1,0000	31	1,2724	62	1,7427
61	0,7314	30	0,8748	1	1,0070	32	1,2838	63	1,7640
60	0,7354	29	0,8804	2	1,1041	33	1,2954	64	1,7858
59	0,7394	28	0,8860	3	1,0213	34	1,3071	65	1,8082
58	0,7435	27	0,8917	4	1,2086	35	1,3190	66	1,8312
57	0,7476	26	0,8974	5	1,0360	36	1,3311	67	1,8548
56	0,7518	25	0,9032	6	1,0435	37	1,3434	68	1,8790
55	0,7560	24	0,9091	7	1,0511	38	1,3559	69	1,9038
54	0,7603	23	0,9151	8	1,0588	39	1,3686	70	1,9291
53	0,7646	22	0,9212	9	1,0666	40	1,3815	71	1,9548
52	0,7689	21	0,9274	10	1,0745	41	1,3947	72	1,9809
51	0,7733	20	0,9336	11	1,0825	42	1,4082	73	2,0073
50	0,7777	19	0,9399	12	1,0906	43	1,4219	74	2,0340
49	0,7821	18	0,9462	13	1,0988	44	1,4359	75	2,0610
48	0,7866	17	0,9526	14	1,1071	45	1,4501		
47	0,7911	16	0,9591	15	1,1155	46	1,4645		
46	0,7956	15	0,9657	16	1,1240	47	1,4792		
45	0,8001	14	0,9724	17	1,1326	48	1,4942		
44	0,8047	13	0,9792	18	1,1414	49	1,5096		
43	0,8093	12	0,9861	19	1,1504	50	1,5253		
42	0,8139	11	0,9930	20	1,1596	51	1,5413		
41	0,8186	10	1,0000	21	1,1690	52	1,5576		
40	0,8233			22	1,1785	53	1,5742		
39	0,8281			23	1,1882	54	1,5912		
38	0,8329			24	1,1981	55	1,6086		
37	0,8378			25	1,2082	56	1,6264		
36	0,8428			26	1,2184	57	1,6446		
35	0,8479			27	1,2288	58	1,6632		
34	0,8531			28	1,2394	59	1,6823		
33	0,8584			29	1,2502	60	1,7019		
32	0,8638			30	1,2612	61	1,7220		

Diese Tabelle hat Hr. Artillerieoberlieutenant *Huss* verfertigt, nach einem Beauméschen Aräometer, den er mit Beyhülfe des Freyherrn von *Jacquin* nach den oben (§. 175) angegebenen von Beaumé befolgten Grundsätzen, von Grund auf neu gemacht hatte. Die Angaben stimmen mit jenen von *Gilpin* (Annal. de Chimie XXIII. S. 183.) ziemlich genau überein, weichen aber von denen des Ritters von *Gerstner* (Neumanns Chemie S. 185) bedeutend ab.

Tabelle über das specifische Gewicht einiger Körper.

Metalle.

Platin geprägt	21,343
— gehämmert	21,314
Platinpulver im Porzellänfeuer zusammengesintert	17,894
Platindrath	19,265
Gold gehämmert	19,361
— gegossen	19,258
Scheel	17,600
Queksilber (bey — 32 R.)	15,612
— bey + 14 R.	13,568
Palladium gewalzt	11,800
— gehämmert	11,300
Bley	11,352
Rhodium	11,000
Silber gehämmert	10,622
— gegossen	10,474
Kobalt gestreckt	9,150
— gegossen	7,811
Wismuth gehämmert	9,832
— gegossen	8,716
Kupfer gehämmert	9,000
— Drath	8,878
— gegossen japanisch	8,726
— — — schwedisch	7,788

Nickel gestreckt	8,666
— gegossen	8,279
Arsenik	8,308
Zinn englisch gegossen	7,291
— — gehämmert	7,799
Stahl	7,810—7,833
Schmiedeisen	7,788
Roheisen	7,207—7,250
Zink gehämmert	7,215
— gegossen	7,861
Mangan	7,000
Molybdän	6,963
Spiessglanz	6,702
Uran	6,440
Tellur	6,115
Chrom	5,900
Kalium	0,800—0,900
Natronium	0,935

Metall-Legierungen.

Gold 442 Theile Silber 38 — —	17,927
Gold 242 Theile Silber 19 — — Kupfer 19 — —	17,344
Gold 442 Theile Kupfer 38 — —	17,157
Gold 442 Theile Zinn 38 — —	17,307
Gold 442 Theile Eisen 38 — —	16,885
Messing	8,006
Messing 2 Theile Zinn 1 — —	8,916

Erze.

Platinasand	15,601
Gold gediegen	13,000—18,000
Zinnober	4,495—10,128
*Bley*glanz	6,140—7,786
Gelbe Bleyblende	4,044—4,166
Silber gediegen	10,000—11,091
Silberhornerz	4,804
Rothgültigerz	5,608—5,684
Weissgültigerz	5,322
Wismuth gediegen	6,020—9,570
Wismuthglanz	6,131—6,467
Wismuthocher	4,371
Kupfer gediegen	7,600—8,584
Buntkupfererz	4,956—5,467
Kupferglanz	4,129—5,338
Kupferkies	4,080—4,953
Fahlerz	4,594—4,864
Weisskupfererz	4,500
Malachit	3,500—3,994
Rothkupfererz	3,950
Arsenik gediegen.	5,670—5,763
Arsenikkies	5,600—6,522
Rauschgelb	3,048—3,521
Arsenikblüthe	2,536—2,640
Weisser Speiss*kobalt*	6,217
Grauer — —	5,309—5,511
Glanzkobalt	4,739—4,941
Erdkobalt	2,019—2,928
*Zinn*stein	5,845—6,989
Zinnkies	4,350—4,785
*Eisen*glanz	4,500—5,218
Magneteisenstein	4,094—4,800
Schwarzeisenstein	4,076

Eisenkies	3,502—4,789
Brauneisenstein	1,500—4,029
Rotheisenstein	2,952—4,000
Thoneisenstein	2,673—4,313
Spatheisenstein	2,500—4,157
Sumpferz	2,872—2,944
Morasterz	2,328
Wiesenerz	2,275
*Zink*blende	3,930—5,398
Galmey	2,585—4,019
*Braunsteiner*z graues	3,240—4,756
— — — schwarzes	2,922
Wasserbley	4,048—4,738
Wolfram	6,855—7,333
*Scheel*erz	5,570—6,066
Spiessglanz gediegen	6,720
Grau Spiessglanzerz	4,132—4,516
Roth Spiessglanzerz	4,090
Tantalit	6,106
Yttertantal	5,130
Uranerz, Pecherz	6,378—7,500
Tellur gediegen	4,107—6,543
Weiss Tellurerz	10,678
*Chrom*saures Eisen	4,262
Columb-Eisen	5,918
Cerit	4,489—4,988
Menakan	4,270—4,427
Iserin	4,720
Uranocher	3,150—3,243
Uranglimmer	3,121

Erd- und Steinarten.

Rubin	4,116—4,283
Saphir	3,950—4,203
Zirkon	4,000—4,700
Hyazinth	4,350—4,600
Topas	3,464—4,010

Granat edler	3,839—4,230
— gemeiner	3,668—3,757
Korund	3,876—3,959
Demantspath	3,822—4,180
Smaragd	2,678—2,775
Quarz gemeiner	2,750—2,785
Bergkrystall	2,685—2,888
Kieselsinter	1,807
Eisenkiesel	2,600
Hornstein	2,045—2,708
Kieselschiefer	2,596—2,887
Feuerstein	2,594—2,700
Kalzedon	2,207—2,691
Jaspis gem.	2,358—2,764
Opal	1,700—2,114
Bimsstein	0,914—1,647
Natrolith	2,250
Zeolith	2,000—2,896
Feldspath	1,841—2,717
Lasurstein	2,431—2,564
Reine Thonerde von Halle	1,305—1,669
Porzellänerde	2,230—2,400
Töpferthon	1,800—2,000
Schwimmstein	0,797
Tripel	2,529
Polierschiefer	2,080
Alaunschiefer	2,339—2,490
Zeichenschiefer	2,114—2,580
Wetzschiefer	2,609—2 955
Thonschiefer	2,500—2,876
Glimmer	2,654—2,934
Chlorit	2,225—2,905
Hornblende	2,922—3,410
Basalt	2,421—2,900
Wacke	2,622—2 893
Lava	2,795—2,823

Grünerde	2,637
Steinmark	2,500—2,815
Bol	1,400—2,000
Reine Talkerde	2,000—2,310
Meerschaum	0,299—1,600
Bergmehl	0,362—1,372
Walkerde	1,500—2,000
Serpentin	1,840—2,688
Talk	2,700—3,023
Bergkork	0,680—0,993
Asbest biegsamer	0,908—2,444
— gemeiner	2,050—2,800
Kreide	2,252—2,675
Kalkstein dichter	2,456—2,720
— körniger	2,800—2,906
Kalkspath	2,693—2,700
Mergel	2,400—2,600
Gyps	1,875—2,964
Flussspath	3,094—3,184
Apatit	3,128—3,218
Schwerspath	4,387
Witherit	4,270—4,436
Baryt	3,300—4,800
Strontianit	3,400—3,958
Borazit	2,076—3,230
Gadolinit	4,049—5,237
Meteorsteine	3,340—3,400

Natürliche Salze.

Natron	1,421
Tinkal	1,703—1,740
Salpeter	1,900—1,933
Steinsalz	2,143—2,412
Kochsalz	1,918

Eisenvitriol	1,976
Kupfervitriol	2,230
Zinkvitriol	1,900—2,000
Alaun	1,714—2,071
Haarsalz	1,835
Glaubersalz	2,246

Inflammabilien.

Demant	3,444—3,650
Schwefel natürlicher	1,800—2,033
Bernstein	1,065—1,085
Honigstein	1,000—1,585
Braunkohle	1,385—1,750
Schwarzkohlen	1,250—1,448
Steinkohlenarten	1,232—1,429
Graphitarten	1,000—2,245
Eis (für Temperaturen unter o R.)	0,916

Flüssigkeiten.

Erdpech	0,902—2,791
Bergtheer	1,100
Erdöhl	0,708—0,878

Organische Produkte.

Elfenbein	1,825
Eichenholz	0,929—1,666
Gummi arabisches	1,452
Traganth	1,316
Ebenholz	1,209
Gummilack	1,139
Hühnereyer	1,090
Pech weisses	1,072

Mahagonyholz	1,063
Wallrath	0,943
Butter	0,942
Federharz	0,933
Erlenholz	0,800
Pflaumenholz	0,785
Birnbaumholz	0,661
Lindenholz	0,604
Tannenholz	0,550
Pappelholz	0,383
Korkholz	0,240

Kunstprodukte.

Feste Körper.

Calomel	5,600
Arseniksäure	3,391
Phosphorsäure	2,876
Bleyzucker	2,395
Schwefelsaures Kali	2,571
— — — Natron	2,246
Kochsalz	1,918
Stangenschwefel	1,800—1,990
Salpeter	1,900
Zinkvitriol	1,900
Weinsteinrahm	1,900
Eisenvitriol	1,880
Roher Weinstein	1,849
Boraxsäure geschmolzen	1,808
Phosphor	1,821
Borax	1,720
Alaun	1,714
Kali	1,708
Strontian	1,640
Zucker weisser	1,606
Weinsteinsäure	1,596

Natron	1,536
Kalk	1,525
Boraxsäure krystall.	1,479
Kampher	0,988
Indigo	0,769

Tropfbare Flüssigkeiten.

Schwefelsäure concentrirteste	1,877
Salpetersäure	1,625
Kohlensaures Kali zerflossen	1,550
Schwefelalkohol	1,300
Salzsäure	1,200
Essigsäure	1,055—1,080
Ätherische Öhle	0,869—1,043
Weine	0,916—1,039
Fette Öhle	0,853—0,966
Ammoniak	0,875
Essigäther	0,866—0,876
Salzäther	0,874
Alkohol nach Richter	0,792
Schwefeläther	0,717
Bergnaphta rektificirte	0,780
Blausäure (bey + 5° R.)	0,705

Elastische Flüssigkeiten.

Kohlensaures Gas	0,00178
Oxygengas	0,00131
Atmosphärische Luft	0,00119
Salpetergas	0,00115
Wasserstoffgas	0,000094
Wasserdampf (nach Tralles)	0,00082

B.

Ätherische Stoffe.

179. Bey einer nur etwas aufmerksamen Betrachtung der Natur stossen wir fasst überall auf gewisse Erscheinungen, die sich unter den Eigenschaften jedes einzelnen Körpers immer wieder finden lassen, ohne dass wir einen Zusammenhang mit den übrigen Eigenschaften der Stoffe wahrnehmen, oder sie so wie diese aus den Grundkräften der Materie ganz unmittelbar herleiten könnten. Man hat desswegen diesen Erscheinungen, wohin vorzüglich die des Lichts, der Wärme und der Elektrizität gehören, eigene materielle Stoffe als Ursachen zu*gedacht*, derer Existenz folglich nur hypothetisch ist. Diese eigenthümlichen Materien sind noch nie isolirt dargestellt worden, sie lassen sich nicht in Gefässe einschliessen und äussern keine Wirkung auf die Wage (§. 91); auch kennen wir sie kaum im Zustande der Ruhe so wie die übrigen materiellen Substanzen, sondern bloss durch die Sinneneindrücke, die sie im Zustande einer äusserst unbeschränkten Bewegung machen. Sind die Ursachen dieser Erscheinungen also wirklich eigene, materielle Stoffe, so scheinen in ihnen die allgemeinen Grundkräfte der Materie in dem wenigsten gebundenen und wechselseitig beschränkten Zustande zu walten. Sie werden daher mit Recht als die ersten Über-

gänge der Kräfte zur Materie oder als die Anfänge ihrer Verkörperlichung angesehen, und als ein Theil der Physik am zweckmässigsten gleich nach den Grundkräften abgehandelt. — Die rätzelhaften Erscheinungen des Magnetismus sind zwar nicht so allgemein als die obengenannten, allein doch auch mit der Annahme eines besondern, den vorigen ähnlichen Stoffes als Ursache am besten in Verbindung zu bringen. — Diese vier hypothetische Stoffe nannte man sonst unsperrbare oder unwiegbare Stoffe, *Incoercibilien*, oder *Inponderabilien*, gegenwärtig wird ihnen am allgemeinsten die Benennung von *ätherischen Stoffen* beygelegt.

I.

Licht.

180. Um Eindrücke durch das Auge zu erhalten, d. h. um zu sehen, ist *Helligkeit* oder Gegenwart von Licht eine nothwendige Bedingung. Was eigentlich die Ursache der Helligkeit oder des Lichts seyn mag, ist nicht ausgemacht. Da sich aber bisher noch alle Erscheinungen des Lichts der Vorstellung eines besonderen, materiellen Stoffes als Ursache desselben am besten anreihen lassen: so sollen auch hier die Phänomene des Lichtes nach dieser Vorstellungsart erkläret und die Ursache desselben mit dem Nahmen *Lichtstoff* bezeichnet werden. Die Lehre vom Lichte heisst *Optik*.

Eine Übersicht der Hypothesen über die Natur und Entstehungsart des Lichtes und des Sehens findet man in *Ludw. v. Schmid's* (Phiseldek) *systematischer Darstellung aller Erfahrungen über allgemein verbreitete Potenzen.* Arau 1807. B. 1. S. 16. ff.

181. In Hinsicht auf das Licht werden die Körper in *leuchtende* und *dunkle* eingetheilt. Erstere verbreiten selbst die zu ihrer Wahrnehmung nothwendige Hellig-

keit; letztere werden nur durch die Gegenwart eines leuchtenden Körpers, also *erleuchtet*, sichtbar. — Die dunklen Körper sind entweder *durchsichtige* wie Luft, Glas u. dgl., welche das Licht durchlassen, und durch welche wir also, wenn sie zwischen das Auge und die leuchtenden oder erleuchteten Körper gebracht werden, diese wahrnehmen; oder *undurchsichtige* wie z. B. Metalle, die beydes nicht zulassen. Jede dieser Eigenschaften lässt wieder sehr viele Grade zu. — Der durchsichtige Körper (auch der leere Raum), in welchem sich das Licht bewegt, heisset das *Mittel* (medium) der Bewegung desselben. — Die undurchsichtigen Körper verbinden sich entweder mit dem Lichte so, dass es seine Wirksamkeit aufs Auge verlieret und dann sagt man, sie *figiren* es; oder sie *werfen* das Licht ganz oder zum Theil *zurück*, wie diess bey weissen, glänzenden oder gefärbten Körpern (die schwarzen ausgenommen) der Fall ist.

182. Gewisse Eigenschaften des Lichts werden von allen Naturforschern anerkannt: nähmlich dessen ausserordentliche Feinheit und Expansibilität; dessen Fortpflanzung in geraden Linien und die ausserordentliche Schnelligkeit seiner Bewegung.

183. Dass sich das Licht in geraden, aus einander fahrenden, (divergirenden) Linien bewegt, davon kann man sich überzeugen, wenn man in ein ganz finsteres Zimmer, durch eine sehr enge, runde Öffnung in einem von der Sonne beschienenen Fensterladen, ein feines Bündel von Lichtstrahlen senkrecht auf eine entgegengehaltene, weisse Fläche fallen lässt. Es wird sich auf dieser eine beleuchtete Scheibe zeigen, welche die Basis eines Lichtkegels ausmacht, dessen Spitze die Öffnung im Fensterladen ist. Diese Scheibe, welche man *Sonnenbild* (*Spectrum*) heisst, ist desto grösser, je weiter die auffangende Fläche von dem Loche im Fensterladen entfernt wird. Diese Art von Bewegung, die

man überhaupt *strahlend* nennet, ist am Lichte so auffallend und ausgezeichnet, dass man durch sie das Licht von den Künstlern angezeigt sieht, und dass das Wort strahlend von der Bewegung des Lichtes zur Bezeichnung ähnlicher Bewegungen anderer Körper nur übertragen worden ist.

184. Man muss annehmen, dass das Licht, so wie man es in diesem Versuche sich verbreiten oder bewegen sieht, sich auch von jedem leuchtenden Punkte, und zwar nach allen Seiten verbreitet. Die Lichtstrahlen fahren also von dem leuchtenden Punkte an aus einander, divergiren, oder bilden Sphären von unbestimmter Grösse, derer Mittelpunkt der leuchtende Punkt und derer Halbmesser jeder Lichtstrahl ist. Nur sehr nahe Strahlen von einem sehr entfernten Lichtpunkte, z. B. die aufs Auge fallenden Strahlen der Sonne, kann man für *parallel* oder gleichlaufend gelten lassen, obschon sie es im strengsten Sinne nicht sind. — Da nun bey dieser Verbreitungsart dieselbe Menge Licht eine desto grössere Fläche beleuchtet, je weiter es sich von dem leuchtenden Punkte entfernt; so muss es auch immer dünner oder lockerer werden. Die Erfahrung sowohl als die Berechnung lehren, dass die Intensität der Beleuchtung in eben dem Verhältnisse abnimmt oder das Licht dünner wird, wie die Quadrate der Entfernungen zunehmen. Wenn man also bey dem Lichte Einer Wachskerze in der Entfernung Eines Schuhes bequem lesen kann; so muss man, um bey 2 Schuh Entfernung eben so bequem lesen zu können, 4 Kerzen, bey 3 Schuh Entfernung 9 Kerzen, bey 4 Schuh Entfernung 16 Kerzen u. s. w. anzünden. Die durch die grosse Entfernung so sehr verminderte Intensität des Lichtes der Fixsterne ist Ursache, dass wir sie bey Tage nicht sehen.

Fig. 16. zeiget, wie das Licht aus dem Punkte C sich auf die mit der Entfernung immer grösser werdenden Flächen aa, bb, cc, dd ausbreiten muss. Da diese Flächen grösser wer-

den, wie das Quadrat der Entfernungen, so muss das Licht in eben demselben Verhältnisse dünner werden.

185. Der Satz, dass sich das Licht bloss in geraden Linien bewegt, ist nur so lange streng richtig, als sich das Licht in demselben, seine Dichtigkeit nicht verändernden Mittel fortpflanzet; denn bey dem Übergange aus einem Mittel in ein anderes von verschiedener Dichtigkeit z. B. aus Luft in Wasser oder Glas, weicht das Licht von diesem geradlinigen Wege ab. Diese Abweichung heisst man die *Brechung, Refraction* des Lichtes. Auch wenn das Licht in demselben Mittel, nahe bey einem andern Körper z. B. einer Federmesserklinge, vorbeystrahlt, wird es in seiner Richtung bald etwas zu dem Körper, bald etwas von ihm gelenket, welches man die *Beugung, Inflexion* des Lichtes heisst. — Von undurchsichtigen, polirten Flächen z. B. Spiegeln, wird das Licht, so wie andere elastische Körper zurückgeworfen, welches man die *Zurückwerfung, Reflexion* desselben nennet. — Durch das gebrochene und zurückgeworfene Licht kann man folglich auch Gegenstände sehen, wenn auch die gerade Linie zwischen ihnen und dem Auge durch einen undurchsichtigen Körper unterbrochen ist. Die Lehre vom zurückgeworfenen Lichte heisst *Katoptrik*, vom gebrochenen Lichte *Dioptrik*.

Einige verstehen unter Optik die Lehre vom Sehen, und theilen sie in die *eigentliche Optik* oder in die Lehre vom Sehen durch gerade Lichtstrahlen, welche, bevor sie vom Gegenstande ins Auge kommen, weder gebrochen noch zurückgeworfen werden; dann in die *Katoptrik* oder die Lehre vom Sehen durch Lichtstrahlen, welche bevor sie vom Gegenstande ins Auge kommen, noch ein- oder mehrere Mahle zurückgeworfen werden; endlich in die *Dioptrik*, oder die Lehre vom Sehen durch gebrochene Lichtstrahlen.

186. Da sich das Licht in demselben Mittel nur in geraden, Linien bewegt, so muss hinter undurchsichtigen, also die geradlinige Fortpflanzung des Lichtes hin-

dernden Körpern dasselbe von einem gewissen Raume ausgeschlossen werden. Dieser nicht beleuchtete Raum heisst *Schatten;* und derjenige Theil desselben, von dem nicht die ganze Menge der Lichtstrahlen des leuchtenden Körpers abgehalten wird, *Halbschatten.* Ist (Fig. 17) C der leuchtende, a b der undurchsichtige Körper, so entsteht der Schatten a b c und der Halbschatten a c d. Die Grösse und Figur des Schattens richtet sich nach der Figur des undurchsichtigen Körpers, dann nach dem Verhältnisse der Grösse, Lage und Entfernung desselben zum leuchtenden Körper. Die Intensität des Schattens d. h. der Unterschied zwischen ihm und dem angränzenden, beleuchteten Stellen, richtet sich nach der Lichtintensität des leuchtenden Körpers. Darauf beruht Rumford's Methode, die Intensität des Lichtes zu messen. *Finsterniss* ist Abwesenheit des Lichtes oder ein Schatten, dessen Gränzen man nicht sieht. So befinden wir uns zur Nachtszeit im Schatten der Erde. Die Schatten auf der Oberfläche der Erde werden gewöhnlich durch das von andern Gegenständen zurückgeworfene Licht etwas erleuchtet. Die Luftschiffer wollen in grossen Abständen von der Erde die Schatten schon viel greller beobachtet haben. Wenn man auch allem zurückgeworfenen Lichte den Zugang abschneidet, wie diess z. B. in einem Keller mit guten verstopften Zuglöchern der Fall ist, so entstehet ebenfalls ein vollkommener Schatten oder eine absolute Finsterniss.

187. Die Fortpflanzung des Lichtes geschieht durch seine Expansivkraft. Diese Kraft muss aber im Lichte ungeheuer gross seyn, da sich dasselbe mit einer so ausserordentlichen Geschwindigkeit fortpflanzt, dass die Zeit, in der es sich von einem Orte zum andern bewegt, bey den grössten, übersehbaren Abständen auf unserer Erde ganz verschwindet, und erst in jenen grossen Räumen, in welchen sich die Himmelskörper entfernt befinden, merklich wird. Nach der Angabe des dänischen Astro-

nomen Römer braucht das Licht beyläufig 8 Minuten Zeit um von der Sonne auf unsere Erde zu kommen. Da nun dieser Weg 21 Millionen Meilen beträgt: so durchläuft das Licht in einer Sekunde einen Raum von mehr als 40000 geographischen Meilen.

Die Geschwindigkeit des Lichtes ist also fast 1000000 Mahl grösser als die des Schalles; daher wir auch in einer grossen Entfernung eine Kanone viel eher losbrennen sehen, bevor wir den Knall vernehmen. Daher folgt der Donner erst immer eine Weile auf den Blitz, worauf die Methode beruht, die Entfernung eines Gewitters zu bestimmen. Eine Kanonenkugel bewegt sich $1\frac{1}{2}$ Millionen Mahl langsamer als das Licht. Die ausserordentlich schnelle Fortpflanzung des Lichtes hat zur Erfindung der *Telegraphen* die Veranlassung gegeben.

188. Da die Wirkung, welche ein Körper durch seine Bewegung hervorbringt, das Produkt aus seiner Masse in die Geschwindigkeit ist (§. 18.), so müsste das mit einer so ausserordentlichen Schnelligkeit begabte Licht, auch bey einer sehr kleinen Masse schon einen grossen Eindruck machen. Nun bringt aber das Licht nicht den mindesten, bemerkbaren Eindruck eines Stosses auf eines der empfindlichsten Organe, das Auge hervor; es muss also seine Masse unendlich gering und seine Feinheit daher noch erstaunenswerther als seine Geschwindigkeit seyn. Um so weniger darf man sich also wundern, dass es bey der möglichst grössten Anhäufung oder Ausscheidung keine Wirkung auf unsere Wagen äussert.

Ein Schrottkorn von 3 Gran mit der Geschwindigkeit einer Kanonenkugel geschossen, durchbohrt einen Menschen. Die Geschwindigkeit des Lichtes ist aber $1\frac{1}{2}$ Millionen Mahl grösser; folglich würde ein Lichttheil der auch $1\frac{1}{2}$ Millionen Mahl kleiner als jenes Schrottkorn wäre, also nur $\frac{1}{500000}$ eines Granes wöge, noch dieselbe Wirkung hervorbringen. Ja ein Lichttheilchen von $\frac{1}{1000000}$ Gran Gewicht würde

noch alles vernichten, wogegen es anschlüge, und bey einem Gewichte von $\frac{1}{1000000000000}$ Gran müsste es noch immer einen fast schmerzhaften Eindruck hervorbringen.

189. Durch die feinste, mit einer Stecknadel gemachte Öffnung in einem dicht vors Auge gehaltenen Kartenblatte kann man eine ganze Gegend übersehen. Nun müssen aber von allen Punkten, die wir sehen, Lichtstrahlen ins Auge kommen. Es müssen also in dem gegebenen Falle eine unzählige Menge Lichtstrahlen zu gleicher Zeit durch die feine Öffnung laufen, welches doch gewiss nur bey dem höchsten, kaum denkbaren Grade von Feinheit möglich ist. — Um zu erklären, wie die Lichtstrahlen bey ihrer vielfachen Durchkreutzung sich wechselseitig in ihrer gradlinigen Bewegung nicht stören, nimmt Newton (als Atomist) an, das Licht sey eine *diskrete Flüssigkeit* d. h. seine Theilchen seyen sehr weit von einander entfernt; da aber jeder Eindruck im Auge wenigstens $\frac{1}{7}$ Sekunde dauert, so könne ein Lichttheilchen vom andern gegen 6000 Meilen entfernt seyn, ohne dass die Lichtstrahlen uns unterbrochen vorkommen: so wie eine glühende Kohle auf ein bewegtes Rad gelegt, als ein feuriger, ununterbrochener Kreis erscheint, wenn sich das Rad in einer Sekunde 7 Mahl um die Achse dreht.

190. Das Licht, welches die Empfindung des Sehens hervorzubringen im Stande ist, heisst *freyes Licht* oder freyer Lichtstoff. Dieser Stoff kann sich aber auch so innig mit andern Körpern verbinden, dass er zu dem genannten Geschäfte untauglich (ausgelöscht) wird; dann heisst er *figirtes Licht* (§. 181). Bey chemischen (auch bey einigen mechanischen) Veränderungen der Körper, kann dieses Licht dann wieder ausgeschieden d. h. frey werden, wie dieses z. B. beym Verbrennen, beym Verwesen von Holz u. dgl. geschieht. Gewöhnlich wird bey dieser Gelegenheit auch Wärme entwickelt. Körper, welche ohne Entwicklung von Wärme leuchten, heissen *Phos-*

phore, Lichtträger. Einige von den letzteren saugen das Licht bloss ein und lassen es an dunklen Orten wieder fahren, ohne sonst eine Veränderung zu erleiden; dahin gehöret unter andern der Diamant.

Untersuchung über die Phosphorescenz der Körper von Dessaignes. Eine gekrönte Preisschrift. Im Auszuge in Gilberts Annalen der Ph. B. XXXVII. S. 238.

191. Durch die Verbindung oder wenigstens durch die Einwirkung des Lichtes, werden in den Körpern bedeutende Veränderungen hervorgebracht. Die chemische Hauptwirkung des Lichtes ist dem Verbrennungsprocesse gerade entgegengesetzt, desoxydirend. Wir bemerken diese Wirkung nicht allein auf die Salpetersäure, oxygenirte Salzsäure, auf das salzsaure Silber, auf den Eisenäther, auf verschiedene Metalloxyde u. dgl. m.; sondern auch auf organische Wesen. Aus ungefärbten (d. h. grünen) Theilen lebender Pflanzen, entwickelt sich am Lichte Oxygen, und die meisten können, ohne Ausartung, des Lichtes nicht entbehren. In sehr starkem Lichte werden mehrere Blüthen z. B. die der Poeonie u. dgl. m. gebleicht. Auf die Menschen und die vollkommneren Thiere wirkt das Licht gleich wohlthätig. Mangel an Licht ist die Ursache vieler Cachexien. Die Wirkung des Lichtes auf den menschlichen Körper beschränkt sich also nicht auf die Hervorbringung der Gesichtsempfindung, sondern verbreitet sich über den ganzen Organismus.

Durch die desoxydirende Wirkung, welche das Licht auf die irdischen Körper ausübet, wird es zur Hauptquelle von Lebensluft in der Atmosphäre und ein vorzügliches Mittel, diesen nothwendigen und so häufig verbrauchten Bestandtheil derselben stäts auf demselben Verhältnisse zu erhalten.

192. Die vorzüglichsten *Quellen des Lichts* sind: a) die *Sonne* und die *Fixsterne*. Wir wissen nicht, woher es kommt, dass die Sonne immer Licht ausstrahlet, ohne

dass man an ihr noch eine Abnahme der leuchtenden Kraft wahrnehmen kann. Herschel schliesst aus einigen Beobachtungen, die Sonne selbst sey keineswegs ein im Verbrennungsprocesse begriffener Weltkörper, wie die Alten meinten, sondern sie sey ein dunkler Körper, wie z. B. unsere Erde und daher wahrscheinlich auch bewohnet; sie sey aber von einer Region leuchtender Wolken umgeben, derer Zertheilung an einigen Stellen, so dass man den dunklen Körper der Sonne selbst sieht, zur Entstehung der Sonnenflecken die Veranlassung gebe. *b.* Das *Verbrennen.* Alle unsere Beleuchtungen durch Kerzen, Lampen, gekohltes Hydrogengas u. dgl. beruhen auf diesem Processe. Da das Verbrennen meistens in der Verbindung des Oxygens mit einem brennbaren Körper bestehet; so muss das Licht entweder aus jenem oder, wie es wahrscheinlicher ist, aus diesem frey werden. Über die Art, wie der Verbrennungsprocess geleitet werden müsse, damit dabey die möglichst grösste Menge Licht entwickelt werde und worauf die beste Construction der Lampen beruhe, hat Graf *Benj. Rumford* (Gilberts Annalen der Physik B. XLV. S. 341) viel Vortreffliches geschrieben. *c.* Die *Erwärmung.* Alle Körper — Gasarten allein ausgenommen — können durch Erwärmung in den Zustand des *Glühens* versetzt werden, der nach der Farbe des erscheinenden Lichtes in Rothglühen und Weissglühen unterschieden wird. *d* Der *Stoss*, wie wir dieses täglich beym Feuerschlagen, oder auch beym Aneinanderschlagen ganz unverbrennlicher Körper z. B. zweyer Kieselsteine bemerken. *e. Reibung.* So leuchten zwey Stücke Borax, wenn sie im Finstern gerieben werden und so gibt es noch mehrere Substanzen, die durch Reiben phosphoresciren. *f* Vegetabilische und thierische Stoffe in einem gewissen Grade von *Verwesung* z. B. moderndes Holz, faulende Fische u. dgl. *g* Die *Elektrizität.*

Von dem zurückgeworfenen und gebrochenen Lichte.

193. Körper, welche viel Licht zurückwerfen, heissen *glänzend*. Die Flächen, von welchen das Licht zurückgeworfen wird, sind entweder rauh oder glatt. Von rauhen Flächen wird das Licht nach allen Richtungen zurückgeworfen. Lässt man durch eine kleine Öffnung in ein finsteres Zimmer ein Bündel von Lichtstrahlen einfallen; so werden auf einer der Öffnung gegenüberstehenden, rauhen Wand, die Gegenstände vor der Öffnung so abgebildet, dass man sie überall im Zimmer sehen kann. Ist die Öffnung, durch welche das Licht einfällt, zu gross, z. B. ein ganzes Fenster, so fallen auf jeden Punkt der Wand Lichtstrahlen von zu vielen Gegenständen, wir unterscheiden diese daher nicht mehr, sondern sehen bloss Licht und durch dieses nur die Gegenstände, von denen es unmittelbar kommt, also, in dem gegebenen Falle, die Wand. — Glatte, das Licht zurückwerfende Flächen, heissen *Spiegel*. Von diesen werden die Lichtstrahlen, nicht nach allen Richtungen, sondern nach dem bestimmten Gesetze zurückgeworfen, dass der Einfallswinkel dem Zurückprellungswinkel gleich ist. In Fig. 18 stellt die Linie A B den Durchschnitt einer Spiegelfläche vor. E D sey ein *einfallender Lichtstrahl:* so ist D der *Einfallspunkt*. Die auf diesem Punkte der Fläche senkrecht stehende Linie C D ist das *Einfallsloth* oder der *Perpendikel*; E D C ist der *Einfallswinkel*, C D F der Zurückstrahlungs- oder *Zurückprellungswinkel*, D F der *zurückgeworfene Strahl*, A D E der *Neigungswinkel*. Wenn also in obigem Versuche das Licht, statt auf die rauhe Wand, auf einen Spiegel fällt; so wird man die Gegenstände vor der Öffnung zwar viel deutlicher, aber nicht im ganzen Zimmer, sondern nur bey einer gewissen Stellung gegen den Spiegel sehen.

194. Die Spiegel werden nach ihrer Form in *ebene*

und *gekrümmte* eingetheilt; die letzteren wieder in *regelmässige* und *unregelmässige*. Die regelmässig gekrümmten Spiegel sind entweder *Kugel-* oder *parabolische* oder *ecliptische* oder *cylindrische* oder *konische* Spiegel, und in jedem Falle entweder *hohl*, *concav* oder *erhaben*, *convex*.

195. Durch ebene Spiegel wird, nach dem oben aufgestellten Gesetze der Zurückstrahlung, nur der Weg nicht die gegenseitige Lage mehrerer, gleichzeitig einfallender Strahlen geändert: parallele Strahlen bleiben also parallel, divergirende fahren fort in demselben Grade zu divergiren, und convergirende zu convergiren. Wenn (Fig. 19.) C D und E F zwey parallel einfallende Strahlen sind, so strahlen sie auch, wie D d und F f parallel zurück. Divergiren aber die einfallenden Strahlen (Fig. 20), so setzen sie die Divergenz nach der Zurückwerfung fort. — Senkrecht einfallende Strahlen stellen sowohl bey dieser als bey allen folgenden Arten von Spiegeln und Gläsern das Einfallsloth selbst dar; sie können also keinen Winkel mit diesem machen, und müssen folglich in derselben Richtung zurück- oder durchgehen, in der sie angekommen sind.

196. Bey einem hohlen Kugelspiegel stellt die vom Mittelpunkte der Kugel, wovon der Spiegel ein Abschnitt ist, auf den Einfallspunkt gezogene, gerade Linie das Einfallsloth vor. Ist A B, (Fig. 21) ein Hohlspiegel, C der Mittelpunkt der Kugel, D E einfallende parallele Strahlen; so ist C E das Einfallsloth und zugleich der Halbmesser der Kugel. Parallele Strahlen, werden durch die Zurückwerfung von solchen Spiegeln convergirend, und müssen sich also endlich in einem Punkte z. B. in F kreutzen. Dieser Punkt heisst der *Brennpunkt*, weil man durch die darin gesammelten Sonnenstrahlen nicht nur Körper entzünden, sondern höhere Grade von Hitze als in Öfen hervorbringen kann. Die Entfernung desselben vom Spiegel heisst die *Brennweite* des letzteren. Diese hängt von der Höhlung und von der Divergenz

der einfallenden Strahlen, also von der Entfernung des strahlenden Gegenstandes, so wie die Wirksamkeit des Brennpunktes von der Grösse der Spiegeloberfläche ab. Parallele Strahlen z. B. die der Sonne bilden den Brennpunkt in der Mitte des Halbmessers, also im gleichen Abstande vom Spiegel und seinem Mittelpunkte; oder die Brennweite ist dann dem halben Halbmesser gleich. Parabolische Hohlspiegel sind zur Sammlung der Strahlen in einen Brennpunkt wirksamer als Kugelspiegel, allein schwieriger zu verfertigen.

197. Durch convexe Spiegel werden parallele Strahlen divergirend. Solche Spiegel bilden also eigentlich keinen Brennpunkt; man nennet aber jenen eingebildeten Ort ihren *negativen Brennpunkt*, wo sich die Strahlen schneiden würden, wenn man sie hinter dem Spiegel verlängerte. Wenn (Fig. 22) F f' und D d' zwey auf den convexen Spiegel AB einfallende Strahlen sind, so ist C f' das Einfallsloth vom Strahl F f', und C d' das Einfallsloth von D d'; d' d'' und f' f'', sind die zurückgeworfenen Strahlen, c ihr negativer Brennpunkt.

198. Die Veränderung der Richtung, welche das Licht in seiner Bewegung beym Übergange aus einem Mittel in das andere erleidet, heisst die *Brechung* desselben. Es sey (Fig. 18) AB eine brechende Ebene, ED ein schief einfallender Strahl; so geht er nicht in der geraden Richtung D G fort, sondern er weicht etwas nach D g oder D g' ab. Die Senkrechte auf den Einfallspunkt C D ist wieder das *Einfallsloth*, E D C der *Einfallswinkel*, A D E der *Neigungswinkel*, D g oder D g' der *gebrochene Strahl*, g D H oder g' D H der *Brechungswinkel*. Nachdem sich der gebrochene Strahl dem verlängerten Einfallslothe mehr nähert, wie z. B. der Strahl D g, oder sich mehr davon entfernet wie D g', als er ohne Brechung gethan hätte, sagt man, der Strahl sey *zum* oder *vom* Einfallslothe (Perpendikel) gebrochen worden.

199. Senkrecht einfallende Strahlen werden nie-

mahls gebrochen; sie stellen selbst das Einfallsloth vor. Zum Perpendikel werden die Strahlen beym Übergange aus einem dünneren Mittel in ein dichteres gebrochen; vom Perpendikel beym Übergange aus einem dichteren Mittel in ein dünneres. Die Fähigkeit der Mittel die Strahlen zu brechen, steht mit ihrer Dichtigkeit im Verhältnisse: nur die brennbaren, durchsichtigen Körper machen hierin eine Ausnahme, indem sie das Licht stärker brechen, als sie es vermög ihrer Dichtigkeit thun sollten, z. B. der Diamant drey Mahl stärker. Bey dem Übergange aus einem bestimmten Mittel in ein anderes, bleibt aber die Brechung (bey unveränderter Dichtigkeit der zwey Mittel) stäts dieselbe.

Wegen der ebengenannten Eigenschaft hielt Newton den Diamant für einen brennbaren Körper schon zu einer Zeit, wo man ihn noch allgemein unter die Kieselsteine zählte. Aus derselben Ursache vermuthete er im Wasser einen brennbaren Bestandtheil, als sonst noch niemand an dessen elementarischer Einfachheit zweifelte. — Das Verhältniss der Brechung wird nach dem Verhältnisse des Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels bestimmt. Zwischen Luft und Glas ist dieses Verhältniss wie 3 : 2; zwischen Luft und Wasser wie 4 : 3; zwischen Luft und Eis wie 3 : 1 u. s. w.

200. Die Newton'sche Erklärung der Brechung, welche die Ursache davon in die verschiedenen Grade der Anziehung setzt, womit die Mittel auf das Licht wirken, behält immer noch die grösste Wahrscheinlichkeit. Daraus folgt denn auch, dass die brennbaren Körper eine grössere Verwandtschaft zum Lichte haben, als die unverbrennlichen. Die doppelte Brechung, welche das Licht in einigen krystallisirten, durchsichtigen Körpern erleidet, in welchen es gespalten wird, indem ein Theil desselben auf die gewöhnliche Art gebrochen wird, der andere Theil aber ein ungewöhnliches Brechungsgesetz befolget, kann durch blosse Verwandtschaft

nicht erkläret werden. Man hat daher dem Lichte *Polarität* beygelegt, durch welche es überhaupt geschieht, dass das Licht von demselben Körper unter gewissen Umständen zurückgeworfen, unter andern durchgelassen oder eingesogen wird.

Die Eigenschaft der doppelten Strahlenbrechung wurde zuerst am Isländischen Doppelspathe durch das Verdoppeln der dadurch angesehenen Gegenstände; später aber noch bey einer grossen Menge anderer, krystallisirter, durchsichtiger Fossilien wahrgenommen. Über Polarisirung des des Lichtes S. Gilberts Annalen der Ph. XXXI, XXXII, XXXVII, XXXVIII, XL.

201. Der Erfolg der Brechung ist sehr verschieden, nachdem sich die verschiedenen Mittel mit geraden oder mit krummen Flächen begränzen. Hier soll bloss von der Brechung die Rede seyn, welche das Licht erleidet, wenn es aus der Luft durch Glas wieder in die Luft geht. Sind die beyden Flächen des Glases eben und parallel — *Plangläser* — so werden zwar alle schiefeinfallenden Strahlen gebrochen; sie behalten aber nach dem Austritte durch die hintere Fläche des Glases wieder dieselbe Lage gegen einander: parallele Strahlen bleiben parallel, convergirende convergirend, divergirende divergirend. Gläser, welche von einer oder von zwey Kugelflächen eingeschlossen werden, bekommen verschiedene Nahmen. Sie sind entweder erhaben, convex, oder hohl, concav. *a Erhabene Gläser — Linsengläser* — heissen *convexconvex* oder *biconvex*, wenn die Flächen auf beyden Seiten erhaben sind; auf einer Seite flach auf der andern erhaben, *planconvex*; auf der einen Seite hohl, auf der andern erhaben, bey denen aber die Erhabenheit bedeutender als die Höhlung ist, *Menisken. b Hohlgläser.* Auf beyden Seiten hohle Gläser heissen *concavconcav*, *biconcav*; auf der einen Seite flach, auf der andern hohl, *planconcav*; auf der einen Seite erhaben, auf der andern hohl, bey denen aber die Höhlung bedeu-

tender als die Wölbung ist, *convexconcav*. — Die Linie, welche senkrecht auf beyden Flächen durch die Mitte des Linsen- oder Hohlglases geht, heisst die *Achse* desselben.

In Fig. 23 stellt a b den Durchschnitt eines Planglases, b c eines Planconvex, c d eines Planconcav, d e eines Biconvex, e f eines Biconcav, f g eines Meniskus, g h eines Convexconcav, und die Linie A B die gemeinschaftliche Achse vor

202. Erhabene Gläser sammeln die Strahlen. Sie machen also parallele Strahlen convergiren, convergirende mehr convergiren, divergirende weniger divergiren oder parallel oder auch convergiren. Die convergirend gemachten Strahlen müssen sich dann hinter dem Glase in einem *Brennpunkte* sammeln oder schneiden. Der Brennpunkt, dessen Entfernung vom Glase man bey parallel einfallenden Strahlen, die *Brennweite* des Glases heisst, wird um so näher hinter dem Glase liegen, je erhabener dessen Flächen, je dicker das Glas und je grösser sein Brechungsvermögen ist. Der Grad der im Brennpunkte hervorgebrachten Hitze, hängt bey übrigens gleichen Umständen von der Grösse des Linsenglases ab. — Hohlgläser zerstreuen die Strahlen. Sie machen also convergirende Strahlen parallel oder, wie die parallelen, divergirend, die divergirenden noch mehr divergirend. Es scheint dann, als kämen die gebrochenen, divergirenden Strahlen aus einem Punkte vor dem Glase, welcher der *Zerstreuungspunkt* (negativer Brennpunkt) heisst.

Weil sowohl bey Linsengläsern als bey Hohlspiegeln nur die der Achsen nahen, parallelen Strahlen genau im Brennpunkte gesammelt werden, die entfernteren sich etwas näher beym Glase oder Spiegel kreutzen; so bildet der Brennpunkt oder Focus nie streng einen Punkt, sondern immer schon einen Kreis von sehr bemerkbarem Durchmesser.

203. Eine besondere Erscheinung gewährt die Brechung des Lichtes mittelst eines dreyseitigen, prismatischen Glases. Lässt man in ein verfinstertes Zimmer durch eine enge, runde Öffnung im Fensterladen ein Bündel von Sonnenstrahlen senkrecht an eine weisse Fläche fallen, so bilden sie darauf ein *kreisrundes* Sonnenbild. (Fig. 24) a b c d. Hält man aber ein dreyseitiges Glasprisma so vor die Öffnung, dass die eine Kante, *Brechungskante*, nach unten gekehrt ist; so erscheint das Sonnenbild e f erstens nicht an demselben Orte, sondern über demselben, dann ist es nicht kreisrund, sondern lang, oben und unten zugerundet, endlich ist es nicht weiss, sondern man unterscheidet darin deutlich 7 Farben. Zu unterst, also zunächst dem alten Sonnenbilde, ist es *roth* gefärbt, dann folgt eine *pomeranzengelbe*, darauf eine *schwefelgelbe*, auf diese eine *grüne*, weiter eine *lichtblaue*, nach dieser eine *dunkelblaue*, endlich eine *violette* Stelle. Lässt man nun jeden dieser gefärbten Strahlen einzeln durch ein Prisma gehen, so wird er wohl gebrochen — und zwar zunehmend vom rothen bis zum violetten — aber nicht weiter in Farben zerlegt. Sammelt man aber alle 7 gefärbten Strahlen mittelst eines Linsenglases in einen Brennpunkt; so erhält man wieder die gewöhnliche weisse Farbe des Sonnenbildes. Wird die Brechungskante des Prisma nach oben gerichtet, so erscheint das farbige Sonnenbild *unter* dem alten kreisförmigen, und dann nimmt die rothe Farbe den obersten — also wieder dem alten Sonnenbilde nächsten — die violetten den untersten — von dem ungebrochenen Sonnenbilde entferntesten — Platz ein. Die Entfernung des rothen Lichts vom violetten oder die Länge des Farbenbildes bestimmt die Grösse des *Zerstreuungswinkels*, welcher bey den verschiedenen durchsichtigen Substanzen mit dem Brechungswinkel nicht im-

mer im Verhältnisse stehet. Die §. 7 genannten Farben sind in dem Sonnenbilde nicht scharf begränzt, sondern gehen durch unmerkliche Schattirungen in einander über. Das weisse Sonnenlicht besteht also aus 7 sich durch ihre Farbe und Brechbarkeit unterscheidenden Strahlen. In Hinsicht der Brechbarkeit folgen diese Strahlen in nachstehender, mit dem am wenigsten brechbaren anfangender und mit dem brechbarsten schliessender Ordnung auf einander: roth, orange, gelb, grün, blau, indigo, violett. So wie sich die verschieden gefärbten Strahlen in Hinsicht der Brechbarkeit verhalten, so verhalten sie sich auch in Hinsicht der Reflexion und Beugung. Diese ganze Erscheinung heisst die *Lichtzerstreuung* oder auch *Farbenzerstreuung*, die sich auch bey der Brechung des Lichtes durch andere optische Gläser zeigt und die Ursache der farbigen Ringe ist, welche bey Fernröhren wegen Verengung des Sehfeldes so ungern wahrgenommen werden. Die durchsichtigen Substanzen besitzen die farbenzerstreuende Kraft eben so wenig in gleichem Grade, als im geraden Verhältnisse mit ihrer brechenden Fähigkeit.

Wer die nach dem beschriebenen Versuche durch das Prisma bewirkte Farbenzerstreuung nicht zu sehen Gelegenheit hatte, der mag sie in dem Friedenszeichen am Himmel, im Regenbogen bewundern, wo Regentropfen die Stelle eines zugleich brechenden und zurückwerfenden Prisma vertreten; daher er auch nur jenen Beobachtern erscheint, welche die Sonne — manchmahl auch den Mond — im Rücken und einen fallenden Regen vor sich haben. — Fängt man den Sonnenstrahl in obigem Versuche mit der Spitze eines kegelförmig geschliffenen Glases, statt des Prisma, auf, so erhält man das farbige Spektrum als Regenbogen in einem vollendeten Kreise. Das Farbenspiel, welches wir an Seifenblasen, Schaum u dgl. Körpern bemerken, scheint von einer ähnlichen Ursache herzurühren. — Damit bey einem länger dauernden Farbenzerstreuungs-Versuche das Sonnenbild, wegen der scheinbaren Bewegung der Sonne, nicht den Ort verändere, ist es gut ihre Strahlen mittelst eines Heliostaten auf die Öffnung fal-

len zu lassen. — Jedes andere weisse Licht z. B. das einer Wachskerze u. dgl. lässt sich eben so in Farben zerstreuen, wie das Sonnenlicht.

204. Wenn man das ganze farbige Sonnenbild in 360 Theile theilt, so nimmt davon das rothe Licht 45, das orange 27, das gelbe 48, das grüne 60, das blaue auch 60, indigo 40, das violette 80 solche Theile ein. Wenn man diese Farben nach dem genannten Verhältnisse auf eine Scheibe aufträgt und diese von der Sonne beschienen schnell drehet, so fliesst der Eindruck von allen im Auge zusammen und die Scheibe erscheint weiss. — Die *erleuchtende Kraft* der verschiedenen Strahlen ist nicht gleich, sondern diese ist fast in der Mitte des Sonnenbildes, in den grünen und gelben Strahlen, am grössten und nimmt gegen beyde Enden zu ab. Man kann also dieselbe Schrift vom grünen oder gelben Strahl erhellet in einer grösseren Entfernung lesen, als vom rothen oder violetten Lichte erleuchtet. — So ist auch die *Desoxydirungsfähigkeit* (§. 191) derselben nicht einerley. Diese ist in dem rothen Lichte am schwächsten, und nimmt gegen das violette, in welchem sie am stärksten ist, zu. Ja ausser dem violetten Lichte, wo man also mittelst der Augen gar kein Licht mehr bemerkt, zeigen sich noch desoxydirende Wirkungen; indem hier z. B. das Hornsilber am frühesten und dunkelsten sich bräunt. Das Licht muss also Strahlen besitzen, welche desoxydiren ohne zu erleuchten und welche noch brechbarer als die brechbarsten unter den erleuchtenden, die violetten, sind. Daraus lässt sich erklären, warum das rothe Quecksilberoxyd seine gesättigte Farbe in blauen Gläsern viel früher als in rothen oder gelben verliert; warum die tropfbare Chlorine in jenen viel geschwinder zu gemeiner Salzsäure wird, als in diesen u. dgl. m. — Die *erwärmende Kraft* der verschieden gefärbten Strahlen ist dagegen in dem violetten Licht am schwächsten und nimmt gegen das rothe hin zu. Ausser dem Licht fallen

auf eine Strecke von $1\frac{1}{2}$ Zoll noch Strahlen, die bloss erwärmen ohne zu desoxydiren oder zu leuchten, und die am wenigsten brechbar seyn müssen. Das Sonnenlicht scheint also aus dreyerley Strahlen von ganz verschiedenem Wirkungsvermögen und von ungleicher Brechbarkeit gemischt zu seyn: aus erleuchtenden, aus desoxydirenden und aus erwärmenden.

205. Newton nimmt die sieben genannten Farben als Haupt- oder Urfarben an, aus derer Vermischung in verschiedenen Verhältnissen alle übrigen Mittelfarben entstehen. Andere wollen nur roth, gelb und blau als solche Grundfarben gelten lassen; indem orange eine Verbindung von roth und gelb, grün von blau und gelb, violett von roth und blau sey. Die Farben, welche die Körper zeigen, erkläret Newton aus der verschiedenen Verwandtschaft, welche diese zu dem Lichte und seinen einzelnen Theilen haben, vermög welcher sie das Licht entweder einsaugen und dadurch gleichsam auslöschen, oder ganz oder zum Theil zurückwerfen. Hat ein Körper zu allen 7 Lichtstrahlen Verwandtschaft, so saugt er sie alle ein und wirft gar keinen zurück; es kömmt folglich von diesem Körper kein Licht ins Auge und er erscheint daher als ein begränzter Schatten oder *schwarz*. Schwarz verdient also nicht den Nahmen einer Farbe, indem es bloss aus Mangel an Licht entstehet. Hat der Körper zu keinem der 7 farbigen Strahlen Verwandtschaft und wirft er sie alle zurück, so erscheint er *weiss*. Hat der Körper zu allen Strahlen Verwandtschaft, nur zu den blauen nicht, so schickt er bloss diese ins Auge, welches ihn also bloss durch diese, folglich auch nur mit ihrer Farbe sieht. Wirft ein Körper mehrere von den sieben Farbenstrahlen zurück, so erscheint er in der Farbe, welche die Vermischung dieser Strahlen gibt.

206. Wir haben schon oben (§. 200) den Grund der verschiedenen Brechbarkeit des Lichtes in verschieden-

artigen Mitteln in dem Verwandtschaftsgrade gefunden, mit welchem das Mittel auf das Licht wirket, und wir haben gesehen, dass das Licht von einem Mittel desto mehr gebrochen wird, je grösser die Verwandtschaft zwischen beyden ist. Nehmen wir nun noch an, dass ein und dasselbe Mittel zu jedem der sieben Farbenstrahlen, aus denen das Licht bestehet, einen andern Grad von Verwandtschaft oder Anziehung äussert, so sehen wir ein, warum diese Strahlen verschiedene Brechbarkeit besitzen und können hiermit das Phänomen der Farbenzerstreuung erklären. Das gewöhnliche Glas hat also zu den violetten Strahlen die grösste Verwandtschaft, darum werden diese am stärksten gebrochen; zu den rothen die geringste, wesswegen diese nur wenig gebrochen werden. Es könnte daher wohl auch Mittel geben, welche zu allen 7 farbigen Strahlen eine fast gleiche Verwandtschaft äussern: diese würden also das Licht nur wenig zerstreuen und uns bey jenen optischen Instrumenten, derer Vollkommenheit durch die Farbenzerstreuung leidet, gute Dienste leisten. — Wenden wir dieselben Verwandtschaftsgesetze auf das zurückgeworfene Licht bey undurchsichtigen Körpern an, so können wir den Grund der verschiedenen Farben angeben, welche diese Körper zeigen. Ein undurchsichtiger Körper absorbirt oder figirt jene gefärbten Strahlen, zu denen er eine grosse Verwandtschaft hat, und wirft jene zurück, derer Expansivkraft er durch seine Verwandtschaft nicht überwinden kann.

Newtons Hypothese, diese Verschiedenheit der Verwandtschaft und also der Farben aus der Dicke der durchsichtigen Schichten, aus denen er sich alle Körper bestehend vorstellet, zu erklären, findet immer mehr Widersacher, obschon sie sich auf ein sehr schönes Experiment gründet. Nach *Göthe* besteht das weisse Licht nicht aus den sieben farbigen Strahlen, sondern jeder weisse Strahl kann nach dem verschiedenen Grade der Brechung eine oder die andere jener 7 pris-

matischen Farben annehmen. Das Prisma welches nach Newton bloss als Mittel, die 7 Strahlen zu *trennen*, angesehen wird, *schafft* nach Göthe die Farben. S. *Göthe's Farbenlehre.*

207. Solche Körper, welche gewisse gefärbte Strahlen vorzüglich zurückwerfen, und welche durch ihre Verbindung andern Körpern diese Eigenschaften gleichfalls mittheilen, heissen *Pigmente*, manchmahl auch Farben, obschon in einem ganz andern Sinne, als wenn wir damit die unmittelbare Ursache der Farbenempfindung bezeichnen, welche eigentlich im Lichte liegt. Es gibt wenig Pigmente, welche die Farben so rein reflektiren, als wir sie im Sonnenfarbenbilde sehen, weil meistens nebst der Hauptfarbe auch andere Strahlen reflektirt werden. Wir geben durch Pigmente den Körpern Farben, indem wir entweder ihre Oberfläche damit überziehen, wie beym Anstreichen, in der Öhlmahlerey überhaupt; oder indem wir ihre ganze Substanz damit durchdringen, wie z. B. beym Blaufärben der Wolle; oder indem wir durch chemische Mittel eine Änderung der Zusammensetzung des zu färbenden Körpers hervorbringen, wie wir z. B. durch Einwirken von verdünnter Salpetersäure die weisse Seide gelb färben, alle frischen Pflanzenfarben durch Chlorine in weiss, die Farbe des Lakmus durch alle Säuren in roth verändern u. dgl. m. Auf den letzten zwey Wegen zu bewirken, dass Körper bestimmte Farben reflektiren, ist das Geschäft der *Färbekunst.*

Zufällige Farben nennet man diejenigen, wovon die Ursache nicht im Lichte sondern im Auge liegt, welches z. B. auf weissem Grunde ein *bläulicht grünes* Viereck sieht, wenn es sich durch langes Ansehen einer solchen grell *rothen* Figur ermüdet hat. Hierher mögen wohl auch die durch galvanische Einwirkungen aufs Auge erscheinenden Farben gehören. S. *Darwin's Zoonomie oder Gesetze des organischen Lebens.*

Vom Sehen.

208. Zum vollkommenen Sehen wird ein gehörig organisirtes, gesundes Auge und ein sichtbarer Gegenstand erfordert. Damit ein Gegenstand sichtbar sey, darf er nicht zu klein und nicht zu entfernt; er muss ferner durch vorhandenes Licht erleuchtet seyn, und es muss Licht von ihm ins Auge kommen können.

Wenn sich das Licht vom Gegenstande bis zum Auge immer in demselben gleichdichten Mittel, also in geraden Linien beweget, so darf die gerade Linie vom Gegenstande zum Auge durch keinen undurchsichtigen Körper unterbrochen seyn. Mittelst des zurückgeworfenen Lichtes können wir Gegenstände auch im letzteren Falle und mittelst des gebrochenen Lichtes sogar in krummen Linien sehen. S. §. 185.

209. Das *Auge* oder der *Augapfel* ist eine von mehreren Häuten gebildete, mit verschiedenen durchsichtigen Substanzen gefüllte Sphäre. Von aussen wird der Augapfel von einer dicken, festen Haut eingeschlossen, die am hintern, bey weitem grössern Theile a a a a (Fig. 25) weiss und undurchsichtig, am vordern Theile t t t t aber mehr gewölbt und durchsichtig ist, und desswegen auch dort die *undurchsichtige* (sclerotica), hier die *durchsichtige Hornhaut* (cornea transparens) heisst. Unter der Hornhaut breitet sich die *Aderhaut* aus, die sich an den undurchsichtigen Theil der ersteren genau anschliesst, an der Gränze der durchsichtigen Hornhaut aber bey m m, sich unter dem Nahmen *Regenbogenhaut* (Iris) quer über das Auge spannt und nur in der Mitte bey x x eine nach Bedürfniss zu erweiternde Öffnung lässt, welche *Augenstern*, *Sehe*, *Pupille* (pupilla) genannt wird. Der angewachsene Theil der Aderhaut wird von Innen von der *Netzhaut* (retina) bekleidet, die man für eine Ausbreitung der Marksubstanz des aus dem Gehirne kommenden *Sehnervens* n, so wie die Sclerotica und die

Aderhaut für Erweiterungen der den Sehnerven in seinem Verlaufe umhüllenden Hirnhäute halten kann.

210. Durch die Iris wird das Auge in eine *vordere* und *hintere Kammer* getheilt, die aber durch die Pupille in Verbindung stehen. Die vordere, kleinere Kammer q, zwischen der durchsichtigen Hornhaut und der Iris, ist mit einer klaren, nur schwach gesalzenen, *wässerigen Flüssigkeit* angefüllt. Der Raum der hinteren Kammer m v m wird grösstentheils von einer besonderen, äusserst durchsichtigen, gallertartigen Substanz eingenommen, die wegen der Ähnlichkeit mit einem halbflüssigen Glase, die *gläserne Feuchtigkeit* heisst. In diese Substanz ist vorn, der Pupille gerade gegenüber, die in ihrer eigenen Kapsel befestigte, von hinten etwas mehr als von vorn convexe *Krystalllinse* c eingedrückt, die man auch die Krystallfeuchtigkeit heisst.

211. Der Augapfel ist übrigens durch mehrere Häute in der ihn sichernden *Augenhöhle* (orbita) befestigt und kann mittelst mehrerer Muskeln sowohl seine Richtung als auch wahrscheinlich etwas seine Form verändern. Zur Erleichterung dieser Bewegungen wird er durch die aus mehreren Drüsen abgesonderten Feuchtigkeiten immer schlüpfrig erhalten. — Eine gerade Linie t c v die man sich mitten durch die durchsichtige Hornhaut und Krystalllinse senkrecht auf die Retina gezogen denkt, stellt die *Augenachse* vor.

212. Von jedem Gegenstande, den wir sehen sollen, muss Licht in unser Auge kommen. Das Licht verbreitet sich aber von jedem Punkte des Objects divergirend, macht also Lichtkegel oder Lichtpinsel, derer Basis auf der durchsichtigen Hornhaut des Auges, die Spitze aber in dem leuchtenden Punkte ruht. Von den einen solchen Lichtkegel ausmachenden Strahlen heisst der mittelste, um den die übrigen divergiren z. B. c d, a d, e d (Fig. 26) die *Achse.* Die Achse des mit der Augenachse parallel einfallenden Lichtkegels a d wird gar

nicht gebrochen, sondern geht in gerader Richtung durch alle Feuchtigkeiten des Auges bis an die Netzhaut in a'. Die Achse dieses Lichtkegels heisst auch die *Sehachse.* Die divergirenden Strahlen dieses Lichtkegels a x und a x werden schon von der wässerigen Feuchtigkeit gegen die Pupille gebrochen; aber in der Krystallinse erleiden sie die stärkste Brechung, die dann in der gläsernen Feuchtigkeit nach einem andern Verhältnisse fortgesetzet wird. Da das Auge ein convexconvexes Glas vorstellet, so geschieht die Brechung gegen den Perpendikel, also in dem genannten Falle gegen die Achse des Lichtkegels; die beym Eintritte ins Auge divergirenden Lichtstrahlen werden also convergirend und kommen dadurch wieder eben so in einem Punkte a' zusammen, wie sie von dem Punkte a ausgegangen sind. — Die divergirenden Strahlen der übrigen, mit der Augenachse nicht parallel, also unter einem Winkel einfallenden Lichtkegel z. B. c d und c d werden eben so gegen ihre Achse gebrochen; allein diese Achse selbst erleidet beym Durchgange durch die Feuchtigkeiten des Auges eine Brechung; dann müssen sie der Voraussetzung gemäss sowohl die Augenachse z. B. bey y durchschneiden, als sich selbst kreutzen und also der Brennpunkt des von oben kommenden Lichtkegels an der Netzhaut unter der Augenachse in c', der Brennpunkt des von unten kommenden Lichtkegels hingegen über der Augenachse in e' zu stehen kommen. Dort, wo die divergirenden Strahlen aller Lichtkegel sich wieder in Punkte vereinigen, also in c' a' e', entsteht ein *Bild* von dem Gegenstande, aber in verkehrter Stellung d. h. die oberen Punkte des Gegenstandes sind im Bilde unten, die unteren oben, die rechten links, die linken rechts. — Um deutlich zu sehen kommt es vorzüglich darauf an, dass das Bild gerade auf der Netzhaut (wie in Fig. 26) entstehe, weil diese nur dann einen hinlänglichen Eindruck zur Hervorbringung einer deutlichen Vorstellung erhält. Vereinigen sich die Strahlen schon

vor der Netzhaut in ihre Brennpunkte, fällt also das Bild schon in die gläserne Feuchtigkeit (wie in Fig. 27) oder bilden sie im Auge selbst keinen Brennpunkt, sondern würden sie ihn erst hinter der Retina bilden, (wie in Fig. 28) so ist das Sehen undeutlich.

Wenn die Lichtstrahlen durch Brechung oder Zurückwerfung einen Gegenstand an einem andern Orte abbilden, als wo er sich wirklich befindet; so sagen wir, sie machen an jenem Orte ein *Bild* von dem Gegenstande. Dieses Bild ist *vollkommen*, wenn sich an jenem Orte die Lichtstrahlen gerade in einem solchen Punkte sammeln, als derjenige ist von dem sie ausgegangen sind; im entgegengesetzten Falle, wenn z. B. dieser Punkt etwas grösser ist, wird das Bild *unvollkommen*. Das Bild wird *undeutlich*, wenn auf dieselbe Stelle die Bilder mehrerer Gegenstände fallen.

213. Die Entfernung des Brennpunktes hängt bey convexen Gläsern nicht nur von dem Grade ihrer Convexität, sondern auch von dem Grade der Strahlendivergenz vor der Brechung ab: parallele oder fast parallel einfallende Strahlen bilden einen nähern Brennpunkt als stark divergirende. Die Strahlen von nahen Gegenständen treffen das Auge sehr divergirend, von sehr entfernten Gegenständen aber fast parallel; denn die Grundfläche des Strahlenkegels — die durchsichtige Hornhaut — bleibt bey der grössten Verschiedenheit in der Länge desselben stäts die nähmliche. Es muss also einen gewissen Abstand geben, in welchem die Strahlen genau mit einem solchen Grade von Divergenz auf das Auge fallen, dass sie das Bild gerade auf der Netzhaut abmahlen. Diesen Abstand hat man nach der Erfahrung bey gewöhnlichen Augen auf 8 Zoll festgesetzet, und ihn den *Abstand des deutlichen Sehens* geheissen. Da wir aber denselben Gegenstand auch in grösseren und kleinern Entfernungen deutlich sehen können; so muss das Auge Veränderungen fähig seyn, durch die es entweder die Brechung modificiren oder die Netzhaut, selbst bey ver-

schiedenen Brennweiten doch in den Brennpunkt bringen kann. Menschen, welche die Fähigkeit verloren haben, diese Veränderungen, von denen man noch nicht bestimmt sagen kann, worin sie bestehen, im Auge hervorzubringen, heissen entweder *Weitsichtige* (presbyopes) oder *Kurzsichtige* (myopes), je nachdem ihnen die Gabe fehlt, das Auge für nahe oder für entfernte Gegenstände einzurichten. Daraus begreift man auch, warum jenen durch convexe, die Strahlen convergirend machende, und diesen durch hohle d. h. die Strahlen zerstreuende Gläser geholfen werde. Doch auch für das beste Auge gibt es eine gewisse Nähe und Ferne, über welche hinaus es aufhört deutlich zu sehen.

Fig. 29 stellt ein kurzsichtiges Auge vor, wie ihm durch ein concaves Glas geholfen wird; Fig. 30 einen Presbyops mit einem convexen Glase. Die punktirten Linien zeigen den Weg an, welchen die Lichtstrahlen ohne Gläser genommen hätten.

214. Dass wir, ungeachtet der verkehrten Abbildung des Gegenstandes auf der Netzhaut, denselben nicht verkehrt sehen, kommt daher, weil wir über aufrecht und verkehrt nur in Bezug auf unsern Körper urtheilen. Wir nennen jenen Gegenstand aufrecht, dessen oberer Theil sich dort befindet, wohin wir selbst in aufrechter Stellung den Kopf versetzen. Da wir nun aber wegen der verkehrten Abbildung auf der Netzhaut unsern eigenen Körper auch verkehrt sehen, so sehen wir den oberen Theil des Objectes doch immer dort, wo wir den oberen Theil unsers Körpers sehen. Dann kommt es noch darauf an, ob wir, ungeachtet der verkehrten Abbildung des Gegenstandes auf der Netzhaut, ihn auch verkehrt empfinden. Denn wir sind gewohnt, einen Gegenstand dorthin zu versetzen, woher der Eindruck kommt — wie diess bey der Lehre vom Sehen mittelst Spiegel sich noch deutlicher zeigen wird —; wir versetzen also den Punkt c' (Fig. 26) an seinen Ort in c, weil der Eindruck in der

Richtung c c' geschieht, und aus eben derselben Ursache suchen wir den Eindruck machenden Punkt e' in e.

Die Seele betrachtet den Gegenstand und nicht das Bild desselben im Auge, d. h. die Vorstellung entsteht durch die vom Gegenstande kommenden Eindrücke und nicht durch die Eindrücke des Bildes im Auge; sonst bedürfte man im Auge selbst noch eines andern Auges, um dieses Bild zu betrachten. — Wir wissen, dass wir die Augen erheben müssen, um den Kopf eines Reiters zu sehen, und dass wir sie senken müssen um die Hufe des Pferdes zu erblicken, daher suchen wir den Kopf des Reiters oben, den Huf des Pferdes unten.

215. Wir sehen mit zwey Augen den Gegenstand nur einfach, wenn die Augenachsen so gerichtet sind, dass sie verlängert in dem betrachteten Gegenstande sich schneiden würden (wie z. B. in Fig. 31, wenn der Gegenstand sich in C befindet) und der Eindruck also auf correspondirende Stellen der Netzhaut in beyden Augen geschieht; sonst sehen wir den Gegenstand doppelt, wie dieses beym Schielen der Fall ist, wenn sich dabey aus Gewohnheit das eine Auge nicht ganz unthätig verhält. Der Punkt C, wo die Augenachsen sich schneiden, oder vielmehr die durch diesen Punkt senkrechte Ebene heisst der *Horopter.*

Aus dieser Richtung der Augenachsen erkennen wir, ob jemand anderer uns ansieht, welches bey Schielenden oft sehr schwierig ist.

216. Der Winkel cye (Fig. 26) den die Achsen von den äussersten Strahlenkegeln bey ihrer Kreutzung im Auge machen, und dem der Winkel c'ye', mithin die Grösse des Bildes auf der Netzhaut entspricht, heisst der *Sehwinkel.* Von ihm hängt die scheinbare Grösse des Gegenstandes ab. Da aber die Grösse dieser Winkel nicht nur von der Grösse des Gegenstandes, sondern auch von dessen Entfernung abhängt, und da die-

ser Winkel desto kleiner werden muss, je mehr sich derselbe Gegenstand vom Auge entfernt, wie es Fig. 32 zeigt; so würde man sich in Beurtheilung der wahren Grösse eines Gegenstandes sehr irren, wenn man bloss auf die Grösse des Sehwinkels oder des Bildes, und nicht auch zugleich auf die Entfernung Rücksicht nähme. Wenn wir also über die Grösse eines Gegenstandes nach dem Gesichte oder Augenmasse urtheilen, so vergleichen wir den Sehwinkel mit der Entfernung des Gegenstandes. Wo uns die Entfernungen unbekannt und wir nicht im Stande oder auch nicht gewohnt sind, sie zu schätzen, irren wir in Beurtheilung der Grössen meistens.

Desswegen scheint uns die Sonne nicht grösser als der Mond; desswegen scheint eine Allee immer enger zu werden; desswegen scheint sich in einem langen Gange der Fussboden zu heben, die Decke zu senken. Aus derselben Ursache halten wir die auf hohe Thürme gestellte Gegenstände für kleiner als sie wirklich sind. Daraus kann man sich auch erklären, warum uns die Sonne und der Mond beym Auf- und Untergange grösser vorkommen, als wenn diese Gestirne hoch über dem Horizonte stehen. Man wird aus diesen Gründen den am Staar operirten Blindgebornen entschuldigen, der sich lange nicht überzeugen konnte, dass das gegenüberstehende grosse Haus grösser als sein Kammerfenster sey. Auf ähnliche Weise wird man sich eine Menge derley *optischer Täuschungen* erklären können, wenn man bedenkt, dass Grössen nie gesehen, sondern nur geschlossen werden.

217. Der Sehwinkel muss eine gewisse Grösse haben, damit ein Gegenstand mittelst des Auges noch wahrgenommen werde. Es gehöret schon ein gutes Auge dazu, einen bloss erleuchteten Gegenstand unter einem Winkel von weniger als einer halben Minute zuerkennen; daher darf der Durchmesser des Gegenstandes, den wir selbst in der Entfernung des deutlichsten Sehens (also 8 Zoll vom Auge) wahrnehmen wollen, nicht weniger als $\frac{1}{1000}$ Zoll betragen; da hingegen selbstleuchtende Körper z. B.

Fixsterne unter Winkeln, die kleiner als eine Sekunde sind, noch deutlich gesehen werden. Über gewisse Entfernungen hinaus sind wir also alle kurzsichtig. Individuelle Beschaffenheit des Auges, Übung, der Grad der Beleuchtung nehmen sehr viel Antheil an der Bestimmung des zum deutlichen Sehen nothwendigen Winkels.

218. Obschon das Auge nur über Licht und Farben ein gültiger Zeuge ist: so urtheilen wir doch auch nach den durch dasselbe erhaltenen Eindrücken nicht allein über die Grösse der Gegenstände, sondern auch über ihre Entfernung, Bewegung oder Ruhe und über ihre Figur. Die *optischen Täuschungen*, denen wir in diesen Beziehungen so häufig ausgesetzt sind, fallen nicht dem Auge, sondern dem auf seine treuen Angaben voreilige Schlüsse wagenden Verstande zur Last. — Die *Entfernung* schätzen wir nach dem Sehwinkel bey bekannter Grösse des Gegenstandes; dann nach dem Winkel, den die beyden auf den Gegenstand gerichteten Augenachsen machen, wesswegen Einäugige über Entfernungen nicht gut urtheilen können; nach der Helligkeit des Objekts und nach dem Grade von Deutlichkeit und Reinheit, womit wir sehen; nach der Menge der zwischen ihm und dem Auge befindlichen Gegenstände; endlich durch Vergleichung mit andern in der Nachbarschaft befindlichen Objecten von bekannter Grösse. Durch vorsetzliche Täuschung mittelst zweckmässiger Benützung dieser Umstände ist die *Perspektivmahlerey* im Stande so grosse Wirkungen hervorzubringen. Diese sind vorzüglich in den sogenannten *Panoramas* überraschend, weil hier dem Auge die Gelegenheit benommen ist, die gemahlten Gegenstände mit andern körperlichen Objecten zu vergleichen.

219. Wir schliessen, dass sich ein Gegenstand *beweget*, wenn sich der Ort an der Netzhaut, wo sein Bild abgemahlt wird, ändert, oder wenn er seine Lage gegen andere Gegenstände verändert. Da diese Ortsver-

änderung des Bildes aber eben so gut von einer Bewegung des Beobachters als des Gegenstandes herkommen kann; so muss man erst von der Ruhe des ersteren oder wenigstens von der Richtung und der Schnelligkeit seiner Bewegung gewiss seyn, ehe man mit Zuverlässigkeit auf die Bewegung des Gegenstandes folgern kann. Wie lange haben nicht die Erdbewohner im Dünkel ihrer Ruhe den ganzen gestirnten Himmel sich um die, darin fast als Punkt verschwindende Erde bewegen zu sehen gewähnt? Übrigens muss der Körper, dessen Bewegung wir wahrnehmen sollen, sich mit einem gewissen Grade von Geschwindigkeit bewegen, damit der Weg, den er in einer bestimmten Zeit zurücklegt, unter einem bemerkbaren Sehwinkel erscheine. Ein Körper scheint uns zu ruhen, wenn der in einer Sekunde Zeit beschriebene Weg nicht wenigstens unter einem Winkel von 15 Sekunden erscheint, oder die Länge dieses Weges darf, selbst bey leuchtenden Gegenständen, höchstens 1375 Mahl kleiner seyn als die Entfernung des Gegenstandes vom Auge. Desswegen bemerken wir nicht die Bewegung des Stundenzeigers an einer Sackuhr. — Bewegungen in der Richtung der Augenachse können wir nicht aus der Änderung des Ortes, an dem das Bild auf der Netzhaut erscheint, sondern nur aus andern zufälligen Nebenumständen erkennen. Desswegen können wir so schwer entscheiden, ob ein, in einer einförmigen Ebene in derselben Richtung mit uns gehender, weit entfernter Mensch sich bewege oder ruhe, ob er sich von uns entferne oder uns entgegen komme u. dgl. m. — Wenn ein Körper sich so schnell beweget, dass er an keinem Orte eine zu dem Gesichtseindrucke erforderliche Zeit verweilet, so sehen wir ihn auch nicht. Diess ist die Ursache, warum wir die Bewegung einer abgeschossenen Flintenkugel nicht bemerken.

220. Am unsichersten sind die Urtheile über die *Gestalt* der Körper nach blossen Gesichtseindrücken, vor-

züglich wenn man sie nur aus einem Punkte oder aus einerley Entfernung betrachten kann. Eine Kugel wird zur Scheibe, so wie der Kegel, wenn man ihn von seiner Basis ansieht; eine Pyramide wird zum Kegel oder zu einer 4eckigen Fläche; eine Scheibe zu einer graden Linie u. d. gl. m.

221. Nebst der *Kurzsichtigkeit* (Myopie) und der *Weitsichtigkeit* (Presbiopie), wovon der Grund schon angegeben worden ist, sind die vorzüglichsten chronischen, auf das Sehen Einfluss habenden Fehler des Auges: der *graue Staar* (cataracta) oder die Undurchsichtigkeit der Krystalllinse, welcher durch das Herausnehmen des abnormen Organs gehoben werden kann; der *schwarze Staar* (amaurosis) oder die Unempfindlichkeit der Netzhaut gegen die Eindrücke des Lichts. Alle Theile des Auges sind übrigens eigenen Krankheiten unterworfen, wodurch das Sehen immer gestört wird: selbst die gläserne Feuchtigkeit, durch welche das Auge eigentlich zu einem achromatisch optischen Instrumente wird, ist davon nicht ausgenommen.

Vom Sehen mittelst Spiegel.

222. Da die Lichtstrahlen von *Planspiegeln* mit demselben Grade von Convergenz oder Divergenz zurückgeworfen werden, mit welchem sie einfielen (§. 95): so müssen sie im Auge denselben Eindruck machen, als kämen sie aus einer Entfernung, welche der Entfernung des Gegenstandes und jener des Auges vom Spiegel zusammengenommen gleich ist. Weil wir aber den Gegenstand in jener Richtung sehen, woher der Eindruck kommt: so verlängern wir die zurückgeworfenen Strahlen in ihrer Richtung so weit hinter den Spiegel, als die Entfernung des Gegenstandes vor dem Spiegel beträgt. Wir müssen also den Gegenstand und jeden einzelnen Punkt desselben genau so weit hinter dem Spiegel se-

hen, als er sich vor demselben befindet. Wenn man den Ort finden will, wo ein Gegenstand in einem Planspiegel erscheint oder wenn man zu bestimmen sucht, ob ein Gegenstand im Spiegel von dem Auge aus einer bestimmten Stelle gesehen werden könne: so ziehe man von dem Gegenstande auf den Spiegel oder dessen Verlängerung eine senkrechte Linie, und verlängere diese noch einmahl so weit hinter den Spiegel. Am Ende dieser Linie, welche man die *Einfallskathete* heisst, befindet sich das Bild, welches nur dann gesehen wird, wenn man vom Auge zu diesem Orte durch den Spiegel eine gerade Linie ziehen kann; oder *das Bild erscheinet dort, wo die verlängerten, zurückgeworfenen Strahlen die Einfallskathete schneiden.* Es sey A B (Fig. 33) ein Spiegel, C der Gegenstand; so lässt sich vom Gegenstande auf den Spiegel keine Senkrechte ziehen. Man verlängere also den Spiegel in Gedanken durch die Linie B g, so ist C c die Einfallskathete und in c das Bild, welches vom Auge in O gesehen wird, weil sich von O nach c durch den Spiegel die gerade Linie O c ziehen lässt, vom Auge in o aber nicht, weil die gerade Linie o c nicht mehr durch den Spiegel geht.

Desswegen darf der Spiegel nicht so gross seyn, als der Gegenstand, um diesen ganz zu sehen. Es sey A B (Fig. 34) ein drey Schuh langer Spiegel, C D ein 6 Schuh langer Mensch: so ist D d die Einfallskathete von seinen Füssen und C c die vom Kopfe. Nun kann man so wohl zu c als zu d von dem Auge durch den Spiegel gerade Linien ziehen, folglich kann ein Mensch sich in einem Spiegel ganz sehen, der nur seine halbe Länge hat.

223. Aus dem Gesagten erhellet, dass ein senkrechter Gegenstand in einem senkrechten Spiegel ebenfalls senkrecht, aber nur das Linke rechts und das Rechte links erscheinen muss. In horizontalen Spiegeln erscheinen senkrechte Gegenstände gestürzt, d. h. ihr Oberstes zu unterst, wie es Fig. 35 zeiget. In einem Spiegel, der eine Neigung von 45° hat, erscheinen senkrechte

Gegenstände horizontal, horizontale Gegenstände senkrecht. In Spiegeln, welche parallel einander gegenüber gestellt sind, erscheinet der zwischen ihnen befindliche Gegenstand eigentlich unzählige Mahl, da jedes Bild der Gegenstand für ein neues Bild wird, allein mit immer schwächer werdendem Lichte, so dass die Bilder desswegen endlich nicht mehr bemerkt werden. Ein Gegenstand zwischen Spiegeln, die einen Winkel mit einander machen, erscheint so viel Mahl weniger Eins, als die Grade des genannten Winkels in 360 enthalten sind; also z. B. in Spiegeln, die unter einem Winkel von 60 Graden gegen einander geneigt sind $\frac{360}{60} = 6 - 1 = 5$ Mahl.

224. Das Gesetz, dass das Bild dort erscheinet, wo die verlängerten, zurückgeworfenen Strahlen die Einfallskathete schneiden, gilt nicht allein von ebenen, sondern auch von *allen krummen Spiegeln*. Bey *sphärischen Hohlspiegeln* hängt daher der Ort des Bildes von der Stellung des Gegenstandes vor dem Spiegel ab. Befindet sich der Gegenstand zwischen dem Spiegel und seinem Brennpunkte, so erscheint das Bild vergrössert hinter dem Spiegel. Es sey A B (Fig. 36) der Hohlspiegel, c sein Brennpunkt, C der Mittelpunkt seiner Krümmung; F D der Gegenstand: so sind F f und D d die verlängerten Senkrechten vom Gegenstande auf den Spiegel oder die Einfallskatheten, und das Auge O sieht also den Gegenstand in f d. — Befindet sich der Gegenstand im Brennpunkte selbst, so macht er gar kein Bild, weil die zurückgeworfenen Strahlen parallel sind. — Steht der Gegenstand hinter dem Brennpunkte, so macht er ein verkehrtes, verkleinertes Bild vor dem Spiegel, *Luftbild*. Es stehe vor dem Hohlspiegel AB (Fig. 37), dessen Mittelpunkt in C ist, der Gegenstand in D F, also weit ausser dem Brennpunkte, so sind D C d' und F C f' die Einfallskatheten. D d" und F f" seyen zwey einfallende Strahlen; sie werden von d" nach d und von f" nach f zurückgeworfen, wo sie die Einfallskathete schneiden und wo

also auch das Bild d f erscheinet. Die hinter den Spiegel verlängerten, zurückgeworfenen Strahlen würden ihre Einfallskatheten nie schneiden; folglich kann in diesem Falle das Bild nie hinter dem Spiegel entstehen.

Hohlspiegel werden öfters zur Belustigung gebraucht, sind aber auch schon zu Betrügereyen gemissbraucht worden. Parabolische Hohlspiegel sind zu allen Zwecken noch besser als sphärische.

125. Bey *convexen* oder *Bauchspiegeln* gilt gerade das Entgegengesetzte von dem, was eben von Hohlspiegeln gesagt worden ist. So erscheinet z. B. der Gegenstand verkleinert hinter dem Spiegel. Es sey (Fig. 22) A B ein Bauchspiegel, der Mittelpunkt seiner Krümmung in C; so sind F f C und D d C die Einfallskatheten. D d' und F f' seyen einfallende Strahlen; diese werden nach d'' und f'' zurückgeworfen. Diese zurückgeworfenen Strahlen schneiden die Einfallskatheten hinter dem Spiegel in f und d, folglich erscheinet dort das Bild verkleinert.

Diese Spiegel haben keine besondere Anwendung, ausser vielleicht um Gegenstände für Abbildungen zu verkleinern. Dasselbe gilt auch von konischen, cylindrischen und andern krummen Hohl- und Bauchspiegeln.

Vom Sehen mittelst gebrochener Lichtstrahlen.

226. Da wir die Gegenstände in der Richtung sehen, in welcher die Lichtstrahlen von ihnen das Auge treffen, und da die Lichtstrahlen von ihrem geraden Wege abgelenkt, d. h. gebrochen werden, wenn sie von einem Mittel in ein anderes von verschiedener Dichtigkeit übergehen: so müssen wir die Gegenstände an einem andern Orte sehen, als wo sie sich wirklich befinden, wenn das von ihnen kommende Licht Mittel von verschiedener Dichtigkeit durchstrahlet. — Es sey (Fig. 38) unter A B Wasser und über A B Luft. F sey ein Object

im Wasser. Das von ihm kommende Licht F C geht nicht in gerader Richtung nach f, sondern wird beym Austritte aus dem Wasser in die Luft vom Perpendikel G D gebrochen, nimmt also die Richtung nach O. Das hier befindliche Auge meint durch eine gerade Linie zu sehen, verlängert also die Linie O C nach o und sieht den Gegenstand dort, also an einem andern Orte, als wo er wirklich ist. — Es befinde sich umgekehrt ein Mensch im Wasser; sein Auge in F wird den Gegenstand O ausser dem Wasser nicht in O, sondern in f sehen; weil das Licht von O beym Übergange aus Luft in Wasser zum Perpendikel gebrochen wird, und also in der Richtung C F (verlängert C F f) ins Auge kommt.

Aus dieser Ursache erscheint ein ins Wasser getauchter, gerader Stab krumm. Desswegen wird ein Stück Geld auf dem Boden eines undurchsichtigen Bechers, von dem man sich so weit entfernt hat, dass man die Münze nicht mehr sehen kann, wieder sichtbar, wenn man das Gefäss mit Wasser füllt. Desswegen scheinen klare, ruhige Wässer weniger tief als sie wirklich sind. Dieser Eigenschaft des Lichtes verdanken wir zum Theil die Morgen- und Abenddämmerung u. dgl. m.

227. Gegenstände, welche durch *Plangläser* angesehen werden, die, wie z. B. unser Fensterscheibenglas, von gleichlaufenden Flächen begränzt sind, erscheinen etwas näher und grösser als sie wirklich sind. Sind die Flächen eines solchen Glases nicht gleichlaufend, ist das Glas ein Vieleck, und wird dem Gegenstande eine Fläche zugewendet, so erscheint er so oft vervielfältigt, als Flächen da sind, auf welche Lichtstrahlen vom Gegenstande fallen können. Wird dem Gegenstande aber ein Eck eines solchen Glases zugekehrt, so erscheinen die Theile des Gegenstandes in einer ganz andern wechselseitigen Lage. Darauf beruhen die *Anamorphosen*, d. h. Zeichnungen oder Gemählde, die nach solchen defigurirten Bildern gemacht sind, die aber einer richtigen

Zeichnung des Gegenstandes selbst ganz ähnlich sehen, wenn sie durch dasselbe Glas betrachtet werden, durch welches vorher der Gegenstand verzerrt wurde.

228. Wenn wir einen Gegenstand durch ein convexes Glas betrachten, so werden die zwey äussersten, den Sehwinkel bildenden convergirenden Strahlen noch mehr convergirend und der Sehwinkel dadurch grösser, folglich erscheinen durch solche Gläser die Gegenstände grösser. Es sey (Fig. 39) AB ein biconvexes Glas. Der Mittelpunkt der oberen Krümmung sey in a, der Mittelpunkt der unteren in c, das Auge in O. Fx und Ey seyen zwey von den äussersten Punkten des Gegenstandes EF auf das Glas fallende Strahlen. Diese werden beym Eintritte in das Glas an der oberen convexen Fläche zu den Perpendikeln aa und aa gebrochen, beym Austritte an der unteren convexen Fläche aber von den Perpendikeln cc und cc. Durch diese beyden Brechungen werden sie aber convergirend und kommen unter dem Winkel yOx, gleich dem Winkel eOf ins Auge. Der Gegenstand EF erscheint also unter diesem Sehwinkel, folglich auch, da von diesem seine scheinbare Grösse abhängt, in der Grösse ef.

Ein convexes Glas vergrössert ein Object so oft, als seine Brennweite in der Entfernung des deutlichen Sehens (gewöhnlich 8 Zoll) enthalten ist. Eine Linse, deren Brennweite 1 Zoll beträgt, vergrössert den Gegenstand 8 Mahl; eine Linse, deren Brennweite 3 Linien beträgt, vergrössert ihn 32 Mahl; eine von zwey Linien Brennweite 48 Mahl u. s. f. Die Vergrösserung ist hier, wie es gewöhnlich geschieht, nur nach einer Ausdehnung genommen; der Gegenstand wird also durch die angegebenen Linsen 8 Mahl, oder 32 oder 48 Mahl länger oder breiter. Nimmt man die Vergrösserung nach der Oberfläche, so wird die erste Linse 64 Mahl, die zweyte 1024 Mahl, die dritte 2304 Mahl vergrössern. Den körperlichen Inhalt vergrössert die erste Linse 512 Mahl, die zweyte 32768 Mahl u. s. f. Linsen vergrössern also desto mehr, je geringer ihre Brennweite ist, d. h. je convexer sie sind, oder je mehr sie sich der Kugelgestalt nä-

hern. Am stärksten vergrössern rundgeschliffene, gläserne Kügelchen, daher man diese, so wie auch in kleinen Löchern dünner Metallplatten hängende Wassertropfen zu *einfachen Mikroskopen* oder *Vergrösserungsgläsern* gebraucht hat.

229. Da durch convexe Gläser die Divergenz jener Lichtstrahlen vermindert wird, die von den einzelnen Punkten des Gegenstandes kommen, oder die Divergenz der Strahlen der einzelnen Lichtkegel, die auf der Netzhaut wieder den Brennpunkt bilden müssen, und da das Auge von den einzelnen Punkten naher Objecte sehr divergirende, von jenen sehr entfernter Objecte aber den parallelen sich mehr nähernde Strahlen zu bekommen gewohnt ist: so müssen uns Gegenstände, durch convexe Gläser betrachtet, entfernter scheinen. Es sey y Z x (Fig. 39) ein solcher von dem Punkte Z des Gegenstandes E F kommender Lichtkegel. Durch die Brechung in der Glaslinse werden die zwey Strahlen Z y und Z x weniger divergirend, so dass sie in der Richtung y z und x z aus dem Glase treten. Das Auge, welches von dieser Brechung nichts weiss, versetzt den Gegenstand dorthin, wo die zwey Strahlen y z und x z, wenn sie immer fort in der Richtung, in der sie zum Auge gelangen, sich bewegt hätten, von einem Punkte ausgegangen seyn müssten, oder wo die zwey ins Auge gelangenden Strahlen sich kreutzen würden, also nach g. Convexe Gläser vergrössern und entfernen also die Gegenstände.

230. Fallen von einem sehr entfernten Gegenstande parallele Strahlen auf ein convexes Glas, so zeigt sich im Brennpunkte dessen Bild. Ist die Entfernung des Gegenstandes nicht so gross, dass man die von ihm aufs Glas fallende Strahlen als parallel annehmen könnte, aber grösser als die Brennweite des Glases, dass also die divergirend einfallenden Strahlen durch die Linse noch immer convergirend werden, so bildet sich hinter dem Glase ein verkehrtes aber vergrössertes Bild. Wenn der Gegenstand im Brennpunkte selbst oder noch näher

am Glase sich befindet, so machet er hinter dem Glase kein Bild, weil die Strahlen dann nie convergirend, sondern nur parallel oder weniger divergirend werden.

Auf diese Weise entsteht, mittelst der convexen durchsichtigen Körper in unserm Auge, das Bild auf der Netzhaut.

231. Da concave Gläser, die von entfernten Gegenständen kommenden, parallelen Strahlen, divergirend und die divergirenden von nahen Gegenständen noch mehr divergirend machen; so wird durch sie eben so wenig ein Bild als ein Brennpunkt hervorgebracht. Wenn wir durch Hohlgläser sehen, so kommen die Strahlen immer mehr divergirend ins Auge, als sie vom Objecte ausgehen. Dadurch wird der Sehwinkel kleiner, es erscheinet also auch der Gegenstand kleiner. Weil aber nur nahe Gegenstände sehr divergirende Lichtkegel von ihren einzelnen Punkten ins Auge schicken; so erscheinet wegen der vermehrten Divergenz der Strahlen der einzelnen Lichtkegel der Gegenstand näher. Hohlgläser verkleinern und nähern also.

Von einigen optischen Instrumenten.

232. Jene Instrumente, womit der Mensch sein Auge zu nützlichen Zwecken bewaffnet, stellen entweder kleine Gegenstände als gross, oder entfernte als nahe dar. Jene heissen *Mikroskope*, *Vergrösserungsgläser*; diese *Teleskope*, *Ferngläser*.

233. Die scheinbare Grösse eines Gegenstandes hängt von dem Sehwinkel ab. Mikroskope müssen also die Objecte unter einem grösseren Sehwinkel darstellen. Die Entfernung eines sichtbaren Körpers steht für das Auge, bey übrigens gleichen Umständen, mit dem Grade der Divergenz jener Strahlen, die von jedem sichtbaren Punkte des Körpers ausströmen und auf der Netzhaut wieder in einem Punkte gesammelt werden müssen, im umgekehrten Verhältnisse. Folglich müssen Teleskope die Divergenz dieser Strahlen der einzelnen Lichtkegel

vermehren. Bey zusammengesetzten Instrumenten von dieser oder von jener Art betrachtet man den Gegenstand nicht selbst, sondern sein auf irgend eine zweckdienliche Art hervorgebrachtes Bild.

234. Die *Mikroskope* sind entweder *einfach* oder *zusammengesetzt*. Jedes convexe Glas ist ein einfaches Mikroskop oder eine *Loupe*. Von diesen ist schon (§. 228) gehandelt worden. Ihr Verdienst besteht eigentlich darin, dass sie Gegenstände in einer Nähe deutlich darstellen, in welcher wir sie mit freyem Auge wohl gross aber nicht deutlich sehen würden. Sie vergrössern nach (§. 226) um so mehr, je kürzer ihre Brennweite, je kleiner also der Durchmesser ihrer Krümmungssphäre ist. Man hat Linsen von $\frac{1}{200}$ Zoll Brennweite gemacht, die folglich den Durchmesser des Gegenstandes 1600 Mahl, folglich seine Fläche 250000 vergrössern. Allein nebst dem, dass bey solchen sehr schwierig genau zu verfertigenden, schon mehr kugel- als linsenförmigen Gläsern das Gesichtsfeld immer kleiner wird, müssen sie auch dem Gegenstande, der sich eigentlich in ihrem Brennpunkte befinden soll, sehr nahe gebracht werden, und verhindern dadurch dessen gehörige Beleuchtung. Zum gewöhnlichen Gebrauche wählt man Linsen von mittlerer Brennweite. Das Sehen durch Mikroskope fordert überhaupt einige Übung; es ist daher räthlich bey mikroskopischen Untersuchungen den Anfang mit schwachen Vergrösserungen zu machen, und diese nur allmählig mit stärkeren zu vertauschen. Da auf die gute Beleuchtung des Objects so viel ankommt, so lässt man die Sonnenstrahlen entweder unmittelbar auf das Object fallen, oder wirft sie mittelst Spiegel darauf, oder verdichtet sie auf demselben mittelst convexer Gläser. Undurchsichtige Objecte müssen von oben beleuchtet werden, welches meistens durch einen Hohlspiegel geschieht, den die Fassung der Linse an ihrer unteren Fläche bildet, und den man *Lieberkühn* heisst. Die Fassung der Linse hat

überdiess noch einen andern Zweck: nähmlich durch Bedeckung des Randes nur den nahe an der Achse der Linse einfallenden Strahlen den Durchgang zu gestatten, weil nur diese genau an Einem Orte den Brennpunkt bilden. Dadurch wird aber auch das Sehfeld noch mehr beschränkt.

235. Den genannten Unvollkommenheiten der einfachen Vergrösserungslinsen sollen die *zusammengesetzten Mikroskope* abhelfen. Das einfachste unter den zusammengesetzten, rein dioptrischen Mikroskopen bestehet aus zwey convexen Gläsern (Fig. 40). Das dem Gegenstande zugekehrte Glas, *Objectivglas*, a b ist kleiner und hat immer eine kürzere Brennweite als das *Ocularglas* A B. Der Gegenstand x y muss etwas, aber nicht viel, über den Brennpunkt des Objectivglases entfernet werden, damit die noch sehr divergirend auf das Glas fallenden Strahlen erst weit hinter demselben, also dem Ocularglase schon ziemlich nahe, z. B. in x' y' ein Bild machen, welches daher schon viel grösser als der Gegenstand seyn muss. Der Ort dieses Bildes ist zugleich der Brennpunkt des Ocularglases, durch welches man also dieses Bild, so wie jeden andern in dessen Brennpunkte befindlichen Gegenstand, nochmahls vergrössert sieht. Statt Eines Ocularglases hat man derer oft zwey oder drey.

Durch das *Sonnen-* und *Lampenmikroskop* sieht man die durch convexe Gläser vergrösserten, auf Tafeln geworfenen Bilder der Gegenstände sehr hell beleuchtet durch Sonnen- oder Lampenlicht, welches auf ihnen mittelst Spiegel und Collectivgläser concentrirt wird. Eine dem Sonnenmikroskope ähnliche Einrichtung hat die *Zauberlaterne*. — Fig. 41 stellt ein tragbares *finsteres Zimmer*, *camera obscura*, vor. Die Röhre mit dem convexen Glase g e wird dem Gegenstande zugekehrt, dessen Bild vergrössert, aber verkehrt auf den unter einem Winkel von 45° geneigten Spiegel c d fällt, von dem es vergrössert auf das mattgeschliffene Glas a b geworfen wird. Wenn das Bild, statt auf das mattgeschliffene Glas zu fallen, durch ein dort angebrachtes, convexes Glas betrachtet wird,

so heisst diese Einrichtung das *helle Zimmer, camera clara.* (Siehe Succow's Anfangsgründe der Physik und Chemie S. 460.) Wollaston's *Camera lucida* dient vorzüglich zum Aufnehmen von Gegenden und zum verkleinernden oder vergrössernden Nachzeichnen. Ihre Einrichtung beruht auf der Zurückwerfung, welche die Lichtstrahlen erleiden, wenn sie auf flache Glastafeln unter einem sehr spitzigen Winkel einfallen. (S. Gilberts Annalen der Physik. XXXIV. und XXXVI.)

236. Jedes Hohlglas ist eigentlich ein *einfaches Teleskop*, weil durch dasselbe nach §. 231 die Gegenstände näher erscheinen. — Die gewöhnlichen Teleskope oder Fernröhre bestehen aus mehreren Gläsern. Sie sind entweder *rein dioptrisch* oder, in so fern auch Spiegel dabey angewendet sind, *katodioptrisch.* Die dioptrischen Fernröhre sind entweder *astronomische* oder *Himmelsröhre*, oder es sind *Erdröhre.*

237. Das einfachste dioptrische Fernrohr ist das astronomische (Fig. 42), welches aus einem biconvexen Objectivglase A B von längerer Brennweite und aus einem ebenfalls biconvexen Ocularglase a b von kürzerer Brennweite besteht. Die zwey Gläser sind so gestellt, dass der Brennpunkt des Objectivglases mit dem des Ocularglases in x zusammenfällt. Die so weit entfernten Objecte, dass ihre Strahlen als parallel betrachtet werden können, z. B. der Mond oder andere Himmelskörper, die in der Figur durch einen Pfeil vorgestellt sind, erscheinen als Bilder in dem gemeinschaftlichen Brennpunkte x; dieses Bild sieht das Auge in O vergrössert durch die Ocularlinse. Die durch dieses Instrument erscheinende Grösse des Gegenstandes verhält sich zu der mit freyem Auge wahrgenommenen, wie die Brennweite des Objectivglases zu jener des Ocularglases. Das astronomische Fernrohr, welches eigentlich nur ein zusammengesetztes Mikroskop ist, in welchem die Okular- und Objectivlinse den Platz gewechselt haben, zeigt die Gegenstände immer verkehrt, welches bey Beobachtung der Gestirne keinen Nachtheil hat. Will man dieses Fern

rohr für terrestrische Gegenstände gebrauchen, so darf man nur noch 2 Ocularlinsen anbringen, um die Objecte in aufrechter Stellung zu sehen.

238. Für irdische Gegenstände eignet sich jedoch das *holländische* oder *Galiläische Fernrohr* (Fig. 43) besser, weil es schon mit zwey Gläsern die Gegenstände nicht verkehrt darstellt. Dieses besteht aus einem convexen Objectivglase AB, und aus einem concaven Ocularglase ab. Der Brennpunkt des ersteren fällt mit dem Zerstreuungspunkte des letzteren (schon ausser dem Rohre gegen das Auge) zusammen, so dass also die Entfernung des Ocularglases vom Objectivglase nicht so viel als die Brennweite des letzteren beträgt, sondern um die (negative) Brennweite des Ocularglases geringer ist. Die Lichtstrahlen kommen convergirend gemacht durch das Objectivglas bey dem Ocularglase an, werden von diesem parallel gebrochen, und gelangen so ins Auge. Das Gesichtsfeld ist bey diesem Fernrohre kleiner als bey dem vorigen; die Gegenstände erscheinen aber viel heller und deutlicher; man bedient sich daher desselben heute vorzüglich als *Taschenperspectiv.*

Der Rand der Ocularlinse muss bey Fernröhren aus derselben Ursache wie bey Mikroskopen bedeckt werden, wodurch das Sehfeld noch mehr beengt wird.

239. Eine andere Schwierigkeit bey den dioptrischen Fernröhren, wodurch sowohl die Deutlichkeit der Bilder sehr leidet, als auch das Sehfeld noch mehr beschränkt wird, sind die Farbenränder, womit (vorzüglich bey einem grossen Unterschiede der Brennweiten des Objectiv- und Ocularglases, also gerade bey den wirksamsten Fernröhren) wegen der mit der Brechung des Lichtes zugleich eintretenden Farbenzerstreuung die Gegenstände eingefasst erscheinen. Man hielt es lange Zeit für unmöglich, diese Unvollkommenheit bey der Construction dioptrischer Fernröhre zu vermeiden. Als man aber endlich durch die Beobachtung, dass das

Auge die Lichtstrahlen breche, ohne sie in Farben zu zerstreuen, auf die Entdeckung geleitet wurde, dass die Fähigkeit der verschiedenen Mittel, die Lichtstrahlen zu brechen, mit jener, die Farben zu zerstreuen, nicht immer im geraden Verhältnisse stehe (§. 206), lernte man *achromatische*, d. h. farbenlose Fernröhre verfertigen. Das bleyhältige Flintglas zerstreuet die Farben vielmehr als das gemeine Glas (Crownglas), bricht aber die Lichtstrahlen fast in demselben Verhältnisse. Wenn nun das Objectivglas eines Teleskopes zusammengesetzt ist aus einem concavconvexen Flintglase (Fig. 44) AB und aus einem biconvexen Crownglase CD, oder aus zwey biconvexen Linsen von Crownglase (Fig. 45) CD und EF und aus einem biconcaven Flintglase AB: so kann das Flintglas die Brechung des Crownglases nicht ganz aufheben, die Strahlen fahren also fort zu convergiren; allein die durch das convexe Crownglas hervorgebrachte Farbenzerstreuung wird durch das hohle Flintglas ganz aufgehoben, und das Bild erscheint daher farbenlos.

240. *Newton*, welcher die Vermeidung der Farbenzerstreuung bey dioptrischen Teleskopen für unmöglich hielt, suchte das Objectivglas durch Spiegel zu ersetzen (Fig. 46). Die von dem Gegenstande kommenden Strahlen ab, cd, ef, gh fallen auf einen im Grunde des Rohrs befindlichen Hohlspiegel AB, von diesem auf einen vor dessen Brennpunkte C unter einem Winkel von 45° zur Achse xy geneigten Planspiegel FG, der das Bild nach KL wirft, wo es durch das seitwärts angebrachte convexe Ocularglas MN dem Auge in O vergrössert unter dem Winkel MON erscheinet. — In dem *gregorianischen Spiegelteleskope* fallen die Strahlen von dem grossen in der Mitte durchbohrten, dem Gegenstande zugekehrten Hohlspiegel auf einem dessen Öffnung gegenüberstehenden kleinern, und das von diesem hervorgebrachte Bild wird durch ein oder zwey in der Öffnung des grossen Spiegels befindliche convexe Oculargläser gesehen.

Photometrie.

241. Zu den optischen Instrumenten im weitesten Sinne gehören auch diejenigen, welche die Messung der Intensität des Lichtes zum Zwecke haben, und welche man *Photometer* heisst. Das Photometer des Gr. *Rumford* bestand ursprünglich aus einer senkrechten, weissen Fläche, z. B. einem aufgespannten Bogen weissen Papieres, vor dem in einer Entfernung von einigen Zoll ein Cylinder von einem halben Zoll im Durchmesser stand. Will man nun z. B. das Licht einer Lampe mit dem Lichte einer Wachskerze vergleichen: so stellt man zuerst beyde in gleiche Entfernung von dem Cylinder, so dass die zwey Schatten, die der Cylinder wirft, auf der weissen Fläche neben einander fallen. Nun vergleichet man die Schatten. Ist einer stärker als der andere: so entfernet man das Licht, dem der dichtere Schatten zugehört, so lange in derselben Richtung, bis die beyden Schatten genau gleich stark erscheinen. Die Intensität des Lichtes der Lampe verhält sich zu jener des Kerzenlichtes, wie das Quadrat der Entfernung der ersteren zu jenem des letzteren. Wenn z. B. die Lampe 8 Fuss von der weissen Fläche entfernt werden muss, ehe ihr Schatten mit dem der Wachskerze in 4 Fuss Entfernung gleich wird: so verhält sich die Intensität des Lampenlichts zur Intensität des Kerzenlichtes wie $8 \times 8 = 64$, zu $4 \times 4 = 16$ oder wie $4 : 1$, d. h. die Lampe gibt 4 Mahl mehr Licht als die Kerze. *Saussure* bediente sich auf seinen Alpenreisen der tropfbaren Chlorine als Photometer, indem er die verschiedene Intensität des Lichtes z. B. auf hohen Bergen und in Thälern, nach der Menge von Lebensluft schätzte, die sich bey der Einwirkung desselben aus der tropfbaren Chlorine entwickelte. *Landriani* schlug dazu auf eine Papierscheibe gestrichenes Hornsilber vor, welche von einer andern undurchsichtigen, nur mit einem Ausschnitte versehenen Scheibe bedeckt ist. Durch ein Uhr-

werk rückt der Ausschnitt alle Stunden oder alle halbe Stunden um eine Stelle weiter. Diese Stellen werden nun um so mehr oder weniger dunkel gefärbt, je heller oder weniger hell zu jener Stunde, da der Ausschnit darüber stand, z. B. die Sonne schien.

Ausführlicheren Unterricht über die Lehre vom Lichte findet man in:

Dr. Johann Priestley's Geschichte und Gegenwärtiger Zustand der Optik, vorzüglich in Absicht auf den physikalischen Theil dieser Wissenschaft. Aus dem Englischen mit Anmerkungen und Zusätzen von Georg Simon *Klügel.* 4to Leipzig 1776. *Huy's Grundriss der Physik.* Aus dem Französischen von *Blumhof.* 2 Th. mit 16 Kupfertapfeln. Weimar 1804.

Gehler's und *Fischer's physikalisches Wörterbuch* unter den hierher gehörigen Artikeln.

Abhandlungen über einzelne Theile der Optik in *Gren's Journal und Gilbert's Annalen der Physik*; in *Schweigers Journal der Chemie.*

Den mathematischen Theil dieser Lehre findet man fast in allen Lehrbüchern der Mathematik abgehandelt z. B. in dem von *Kästner*, von *Metzburg* u. a. m.

II.

Wärme.

242. Dem Auge verdankt der Mensch die Empfindung von Licht, dem Gemeingefühle die Empfindung von Wärme. — Mit dem Worte Wärme verbinden wir, nach dem gemeinen Sprachgebrauche, drey verschiedene Begriffe. Nähern wir die Hand einem geheitzten Ofen, so empfinden wir Wärme und verstehen hier das *Gefühl von Wärme (subjective Wärme)*, welches wir *Hitze* oder *Kälte* nennen, sobald es durch Übermass oder Mangel unangenehm wird. Dann bezeichnen wir den *Zustand* der Körper, worin sie in uns die genannte Empfindung hervorbringen können, auch mit dem Worte Wärme: wir nennen in dem angeführten Falle den Ofen warm oder heiss. Endlich verstehet man unter Wärme auch die *letzte, unbekannte Ursache* unserer Empfindung von Wärme sowohl als des dieselbe hervorbringenden Zustandes der Körper. Da wir aus denselben Gründen, wegen welcher wir zur Erklärung der Erscheinungen des Lichtes einen besonderen Stoff angenommen haben, auch den Erklärungen der Wärmephänomene eine solche eigenthümliche Substanz zum Grunde legen wollen; so werden wir diese (die *objective Wärme*) durch die Benennung *Wärmestoff* von den zwey andern Bedeutungen des Wortes Wärme unterscheiden. — Da sich dieser Stoff den Sinnen nie isolirt darstellt, so können wir auf die Natur desselben nur aus seinen Wirkungen und aus einigen, in bekannten Erscheinungen leicht wahrnehmbaren Eigenschaften schliessen: wir müssen also mit der Betrachtung der letzteren den Anfang machen.

243. Eine der allgemeinsten Wirkungen des Wärmestoffs ist die *Veränderung der Ausdehnung* oder des Volumens, welche er durch seine Verbindung oder Trennung in den Körpern hervorbringt. Man kann als eine allgemeine Regel, von der nur sehr wenige Ausnahmen

gelten; festsetzen, dass alle Körper durch einen Zusatz von Wärmestoff ihr Volumen vergrössern oder sich nach allen Seiten ausdehnen, und dass diese Ausdehnung durch Verminderung der auf sie einwirkenden Wärmestoffmenge wieder abnimmt, oderdass sie, durch Verlust von Wärmestoff zusammengezogen, verdichtet werden. Eine kupferne Kugel, welche kalt durch einen metallenen Ring fällt, bleibt auf demselben liegen, wenn sie glühend gemacht worden ist. Eine Blase, in der nur wenig Luft ist, wird durch Erwärmen gespannt. Alle Körper verlieren durch Erwärmung an specifischem Gewichte. Manche Körper, die auf kaltem Wasser schwimmen, gehen in warmem Wasser unter.

Da man die Ausdehnung der Körper als die Wirkung der abstossenden Kraft ansieht: so halten auch einige den Wärmestoff mit dieser für identisch.

244. Der Grad der Ausdehnung, welchen verschiedene Körper durch gleiche Mengen von Wärmestoff erlangen, ist nicht gleich und sehr von ihrer Form abhängig. Luftförmige Körper werden durch die Wärme am meisten ausgedehnt, tropfbare schon viel weniger, am wenigsten aber feste Körper. Wenn 1000 Kubikzoll Luft vom Eis- bis zum Siedepunkte des Wassers erhitzt werden, so nehmen sie einen Raum von 1375 Kubikzoll ein; 1000 Kubikzoll Wasser bey derselben Erhitzung nur 1045 Kubikzoll; und 1000 Kubikzoll Eisen ebenfalls unter denselben Umständen nur 1001 Kubikzoll. Folglich dehnt sich die Luft 8 Mahl mehr aus als das Wasser, und dieses 45 Mahl mehr als Eisen.

Obschon die Ausdehnung fester Körper durch die Wärme so gering ist, dass man sie öfters nur mittelst Mikrometer wahrnimmt, reicht sie doch schon hin, ein Pendel so zu verlängern, dass es langsamer schlägt. Darin liegt eine sehr gewöhnliche Ursache der Unrichtigkeit von Pendeluhren, welcher man durch Pendel aus Körpern von verschiedener Aus-

dehnsamkeit und durch solche Vorrichtungen, in welchen die Ausdehnung des einen durch die des andern aufgehoben wird, abzuhelfen gesucht hat.

245. Alle luftförmigen Körper, Gasarten sowohl als Dämpfe, sind durch die Wärme gleich ausdehnsam. Tropfbare und feste Körper sind nicht gleich ausdehnsam, sondern es unterscheidet sich einer von dem andern in Hinsicht dieser Ausdehnsamkeit. So dehnt sich Alkohol mehr aus als Leinöhl, dieses mehr als Salpetersäure, diese wieder mehr als Wasser und das letzte endlich mehr als Quecksilber. Die Ausdehnsamkeit des Zinkes übertrifft jene des Platins $3\frac{1}{2}$ Mahl.

Tabelle, welche den Raum angibt, den nachstehende Körper einnehmen, wenn der Raum, den sie am Eispunkte des Wassers erfüllen gleich 120000 *gesetzt wird, nach einer Temperaturserhöhung von Null R.*

a. *bis* + 30° *R.*

Alkohol . . .	124994
Salpetersäure .	123144
Wasser . . .	121090
Quecksilber . .	120854

b. *bis* + 80° *R.*

Leinöhl . . .	128600
Wasser . . .	125492
Schwefelsäure .	125082
Quecksilber . .	122202
Platin	120104
Eisen	120151
Kupfer . . .	120204
Zink	120335
— gehämmert .	120373
Spiessglanz . .	120130
Wismuth . . .	120167
Bley	120344
Zinn	120298
Stahl	120147
Gussmessing .	120225
Messingdrath .	120232
8 Th. Zink, 1 — Zinn . .	120323
2 Th. Bley, 1 Th. Zinn . .	120301

c. *bis zur Rothglühhitze.*

Eisen	121500
Gusseisen . . .	122571
Stahl	123428

Das Glas dehnt sich vom Gefrier- bis zum Siedepunkte des Wassers von 100000 auf 100083 folglich auf jeden Grad R. beyläufig um $\frac{1}{100000}$ seines Volumens aus. *Guyton Morveau* hat von diesen etwas abweichende Resultate erhalten. S. Annales de Chemie. Junyheft 1814.

246. Die luftförmigen Körper dehnen sich ferner durch die Wärme gleichförmig aus, d. h. sie mögen vorher auf was immer für einen Grad erhitzt seyn, so dehnen sie sich durch einen gleichen Zuwachs von Wärme doch immer um einen gleichen Theil ihres Volumens aus. Wenn z. B. eine gewisse Menge atmosphärischer, eiskalter Luft, durch den Zusatz einer bestimmten Menge von Wärmestoff, ihr Volumen um $\frac{1}{1000}$ vermehrt; so wird sie dieselbe Volumensvermehrung von $\frac{1}{1000}$ erhalten, wenn ihr, da sie sich bis zum Siedepunkte des Wassers erhitzt befindet, dieselbe Menge von Wärmestoff zugesetzt wird. Die festen Körper scheinen sich eben so zu verhalten. Die tropfbaren Körper aber nehmen mit der Erhitzung in ihrer Ausdehnsamkeit zu und sie werden durch Zusatz gleicher Mengen von Wärmestoff um so mehr ausgedehnt, je näher sie sich schon ihrem Siedepunkte finden. Die Ausdehnung des Quecksilbers ist weniger ungleichförmig als die der übrigen, tropfbaren Flüssigkeiten. Körper, welche sich durch gleiche Mengen von Wärmestoff mehr ausdehnen als andere, heissen *empfindlicher* für die Wärme.

Als Ausnahmen von dem Gesetze, dass alle Körper sich durch Erwärmen ausdehnen, und durch Abkühlen zusammenziehen, führt man solche Substanzen an, die durch Erkalten aus dem flüssigen Zustande in den festen übergehen, und dabey eine regelmässige Gestalt annehmen, wohin das Wasser beym Übergange in Eis und mehrere Salzlaugen beym Krystallisiren gehören. Das Volumen des Wassers verhält sich zu dem Volumen des durch sein Gefrieren entstandenen Eises wie 14 : 15. Daher kommt es, dass Eis auf Wasser schwimmt, und dass das letzte beym Gefrieren die stärksten Gefässe sprengt, so wie die Gläser, in welchen Salze krystallisiren, auch häufig aus einander getrieben werden. — Diese Ausnahme ist nur scheinbar, indem die Ausdehnung nicht von der Entziehung des Wärmestoffs, sondern von der neuen Ordnung der Theile herkommt, womit das Festwerden dieser Substanzen begleitet ist; daher auch solche Kör-

per, die beym Festwerden keine regelmässige Gestalt annehmen z. B. Unschlitt, Wachs, Quecksilber u. a. m. sich dabey beträchtlich zusammenziehen. Schwefel und Gusseisen dagegen dehnen sich beym Erstarren aus, wesswegen sie auch zu Abgüssen vorzüglich tauglich sind. — Die Verminderung des Volumens, welches einige andere Körper z. B. der Thon durch Erhitzung erleiden, ist der Verflüchtigung einiger Bestandtheile z. B. des Wassers, oder der innigeren Verbindung der andern zuzuschreiben. Ist dieses ein Mahl geschehen, so folgen diese Körper wieder der allgemeinen Regel. — Die einzige gegründete und bisher unerklärte Ausnahme ist das Wasser, welches noch vor dem Festwerden (bey + 4, 7° R.) die grösste Dichte hat, und dessen Volumen durch weiteres Abkühlen bis zum Gefrierpunkte eben so viel zunimmt, als wenn ihm eben so viel Wärme über diesen Punkt (+ 4, 7° R.) zugesetzt würde.

Thermometer.

247. Auf dem Erfahrungssatze, dass alle Körper durch die Wärme ausgedehnt werden, tropfbare und luftförmige aber mehr als feste, beruht die Einrichtung der *Thermometer* oder Wärmemesser. Das gewöhnliche Thermometer besteht aus einer engen Glasröhre, mit einer unten angeblasenen Kugel. Die Kugel sammt einem Theile des Röhrchens werden mit Quecksilber gefüllt und das Röhrchen wird dann oben zugeschmolzen. Erhitzt man nun das Quecksilber in der Kugel, so dehnt es sich aus, und da diess in keiner andern Richtung möglich ist, muss es in der Röhre steigen. Durch Abkühlen zieht sich das Quecksilber in der Kugel zusammen, und es fällt also in dem Röhrchen. Die Röhre selbst wird in gleiche Theile eingetheilt, die man *Grade* nennet, und nach derer Zahl man das Steigen oder Fallen des Quecksilbers abmisst. Damit aber diese Grade bey verschiedenen Thermometern übereinstimmen, und ein Instrument so wie das andere, unter gleichen Umständen um die nähmliche Anzahl Grade steige oder falle, muss die Eintheilung in Grade oder die *Skale* auf folgende Weise eingerichtet

werden. Man taucht die Thermometerkugel in zerfliessenden Schnee oder in schmelzendes Eis, so wird man finden, dass das Quecksilber jedes Mahl auf demselben Punkte stehen bleibt. An diesem Punkte macht man ein Zeichen. Dann taucht man die Kugel in siedendes, destillirtes Wasser, welches bey demselben Barometerstande auch immer einen gleichen Grad von Hitze hat. Den Punkt, bis auf welchen das Quecksilber in siedendem Wasser steigt, bezeichnet man wieder. Den Raum zwischen diesen zwey fixen Punkten theilt man an jedem Instrumente in die nähmliche Anzahl gleicher Grade und trägt diese Theile nach Belieben über den Siedepunkt und unter den Eispunkt auf. Auf diese Weise verfertigt man *correspondirende Thermometer*.

248. Der Raum zwischen dem Schmelzpunkte des Eises und dem Siedepunkte des Wassers ist nicht an allen Thermometern in gleich viele Grade eingetheilt. Auf der Verschiedenheit dieser Eintheilung beruht der Unterschied der *Thermometerskalen*, wovon vorzüglich vier im Gebrauche sind, nähmlich die Reaumur'sche, Fahrenheitsche, die Hunderttheilige des Celsius und die de Lisle'sche.

Nach *Reaumur's* vorzüglich bey uns gebräuchlicher *Skale* wird der Raum zwischen dem Schmelz- und Siedepunkte des Wassers in 80 Grade eingetheilt. Der Punkt des schmelzenden Eises ist also 0, der des siedenden Wassers + 80° R.

Nach der *hunderttheiligen*, *Centesimal*- oder *Celsiusschen Skale* wird derselbe Raum in 100 Theile getheilt, so dass der Punkt des schmelzenden Eises mit 0, der des siedenden Wassers mit + 100° C. bezeichnet ist. Ein Grad dieser Skale verhält sich zu einem der Reaumur'schen wie 4 : 5; oder 5 Centesimalgrade machen 4 Reaumur'sche.

Fahrenheit theilte denselben Raum in 180 gleiche Theile, fängt aber nicht bey dem Punkte des schmel-

zenden Eises, sondern dort zu zählen an, wo das Quecksilber in einer durch Mischung von Kochsalz und Schnee künstlich erzeugten Kälte steht, welches 32 Fahrenheitsche Grade unter jenem Punkte ist. Nach dieser, vorzüglich bey den Engländern beliebten Skale muss also der gewöhnliche Eispunkt mit + 32° F. und der Siedepunkt des Wassers mit + 212° F. bezeichnet werden. Ein Fahrenheitscher Grad verhält sich zu einem Reaumur'schen wie 4 : 9, zu einem Celsius'schen wie 5 : 9. Wenn man die Grade dieser Skale zu Graden einer der beyden vorhergehenden Skalen machen will, so muss man jedes Mahl vorher 32 Grade abziehen, wenn von Fahrenheitschen Graden über 0 die Rede ist, und 32 Grade zu der gegebenen Zahl Fahrenheitscher Grade addiren, wenn es sich um Grade unter 0 handelt.

Die *de Lisle'sche Skale*, nur noch hier und da in Russland im Gebrauche, theilt den öfters genannten Raum in 150 Grade, fängt aber beym Siedepunkte zu zählen an, so dass dieser 0, und der Schmelzpunkt des Eises 150 ist.

Im Sprechen muss man bey allen diesen Skalen *Grade über* und *Grade unter Null* unterscheiden: im Schreiben bezeichnet man jene, die man auch *Wärmegrade* heisst mit +, diese oder Kältegrade mit —. + 5° R. heisst 5 Grade über Null nach Reaumur's Skale; — 5° F. heisst 5 Grade unter Null nach Fahrenheits Skale u. s. w *Oersted* schlägt vor, den Raum zwischen dem Schmelz- und Siedepunkte des Wassers ein *Wärmemass* zu heissen und kleine Unterschiede mit Bruchtheilen zu bezeichnen. Am gerathensten dürfte es wohl zur Vermeidung vieler Verwirrungen seyn, den jetzigen Nullpunkt (so wie die Einheit des specifischen Gewichts) mit 1000 zu bezeichnen, damit man dann ohne Unterschied und ohne Brüche hinauf und herabzählen könne. — Thermometer mit einer Vorrichtung, wodurch sie ihren Stand selbst aufzeichnen, heissen *Thermometergraphen*.

249. Die Ausdehnung einer Flüssigkeit kann nur so lange zum Massstabe der Wärme dienen, als sie nicht

die Form verändert, fest oder luftförmig wird. Das Quecksilberthermometer kann man also nicht zur Bestimmung von Kälte- oder Wärmegraden brauchen, die unter dem Gefrierpunkte (— 32° R.) oder nahe am Siedepunkte (+ 280° R.) des Quecksilbers liegen. Zur Bestimmung grosser Kältegrade bedient man sich des *Weingeistthermometers*, welches statt des Quecksilbers mit gefärbten Weingeiste gefüllt ist, der, nebst dem dass er die niedrigsten bisher bekannten Temperaturen ohne zu gefrieren erträgt, auch empfindlicher als das Quecksilber ist, indem seine Ausdehnsamkeit die des Quecksilbers 8 Mahl übertrifft. Wegen des niedrigen Siedepunktes des Alkohols und der Eigenschaft, sich auch schon unter seinem Siedepunkte ziemlich schnell in Dämpfe zu verwandeln, kann man das Weingeistthermometer kaum mehr zur Bestimmung von Wärmegraden brauchen, die über + 30° R. steigen. Dieses Thermometer ist auch etwas langsamer (fauler) als das Quecksilberthermometer. Das *Luftthermometer*, mit welchem *Cornelius Drebbel*, ein holländischer Bauer, im J. 1572, (nach Andern Sanctorio) die Erfindung der Thermometer begonnen hat, ist das empfindlichste von allen, da die Luft, womit es gefüllt ist, sich durch gleiche Erwärmung 20 Mahl mehr ausdehnt als Quecksilber. Die Luft verändert auch weder bey den höchsten noch bey den niedrigsten bekannten Temperaturen ihren Aggregatzustand. Die Luftthermometer sind aber in der Anwendung sehr unbequem und überdiess, da ihre Veränderungen, nach Drebbels ursprünglicher Einrichtung (Fig. 47), so wie nach der schon etwas bequemeren (Fig. 48) auch von dem Luftdrucke abhängig sind, immer zugleich barometrisch. Das Luftthermometer, (nach Fig. 49) begegnet dieser Schwierigkeit und ist auch viel bequemer, allein wegen des veränderlichen Druckes der bald höher bald niedriger stehenden Säule der Flüssigkeit in der Röhre a auch nicht ganz richtig. Das richtigste Luft-

thermometer, allein nur in wenigen Fällen anwendbar, ist *Leslie's Differenzialthermometer* (Fig. 50).

250. Einige verlangen, dass ein Quecksilber- und Weingeistthermometer ganz luftleer sey, welches man daran erkennet, wenn die Flüssigkeit beym Umkehren des Instrumentes die Röhre ganz ausfüllt. Da aber luftartige Körper sehr leicht, tropfbare hingegen äusserst schwer sich zusammendrücken lassen, so kann es, wie auch die Erfahrung lehrt, wenig Unterschied machen, wenn über dem Quecksilber im oberen Theile der Röhre etwas Luft ist. Nebst der Unvollkommenheit, welche allen mit tropfbaren Flüssigkeiten gefüllten Thermometern, wegen der durch Wärme und Kälte zugleich immer erfolgenden Ausdehnung des enthaltenden Glases und der Erweiterung seiner Bohrung, zur Last fällt, entspringt noch eine andere daraus, dass sich tropfbare Flüssigkeiten um so mehr ausdehnen, je höher sie schon erhitzt sind (§. 246). Die Ausdehnung des Quecksilbers von + 32° F. bis + 122° F., also um die erste Hälfte der Skale, verhält sich zur Ausdehnung von + 122° F. bis + 212° F., also um die zweyte Hälfte der Skale, wie 14 : 15. Wenn also die Thermometergrade den Mengen von Wärmestoff, wenigstens bey demselben Körper, genau proportional seyn sollten, so müssten sie vom niedrigsten gegen die höheren Grade zu, allmählig grösser werden. Luftthermometer sind von diesem Fehler frey.

John Dalton's neues System des chemischen Theils der Naturwissenschaft. Aus dem Englischen von F. Wolf. Berlin 1812. 1. B. erste Abtheilung.

251. Um Grade von Hitze zu messen, die den Siedepunkt des Quecksilbers übersteigen, fehlte es lange Zeit an einem Instrumente; so wie wir auch noch keines besitzen, welches die Wärmegrade von dem genannten Punkte bis zu jenem angibt, bey welchem die Körper am Tage deutlich glühend erscheinen. Von da an hat *Wedgwood* in der gleichförmigen und verhältniss-

mässigen Zusammenziehung, welche der Thon erleidet, wenn er höheren Temperaturen ausgesetzt wird, ein solches Instrument gefunden und es sein *Pyrometer* geheissen. Dieses Instrument bestehet aus zwey Hauptheilen, aus dem Massstabe oder der Skale und aus den Pyrometerstücken. Der *Massstab* (Fig. 51) besteht aus zwey viereckigen, 12 englische Zoll langen Stäben von Metall oder Thon, die auf einer flachen Platte von demselben Stoffe, convergirend so befestigt sind, dass sie am Anfange des Massstabes a $\frac{5}{10}$ Zoll, am Ende desselben aber b nur $\frac{3}{10}$ Zoll von einander abstehen, und also einen immer enger werdenden Kanal einschliessen. Auf den Stäben sind beyderseits die Grade angemerkt, wovon 20 auf einen Zoll gehen, so dass der ganze Massstab $12 \times 20 = 240$ Grade zählt. Der Bequemlichkeit wegen ist der ganze Massstab (wie es Fig. 51 zeigt) in zwey Hälften zerschnitten. Die Pyrometerstücke werden aus einem äusserst sorgfältig gereinigten und gemischten, bey keinem bekannten Feuersgrade schmelzenden Thone gemacht, indem man ihn durch Öffnungen im Boden eines cylindrischen Gefässes presst, und die dadurch gebildeten langen Stäbchen in Stücke von beyläufig $\frac{1}{2}$ Zoll Länge (Fig. 51) c. zerschneidet. Diese werden im Marienbade bey der Hitze des siedenden Wassers getrocknet, und dann jedes in den Massstab probirt. Diejenigen, welche ganz richtig sind, reichen mit dem vorderen, scharfkantigen Ende bis an o der Skale. Lässt sich ein solches Thonstück tiefer hineinschieben, z. B. bis zum 3. oder 4. Grade, so wird die Zahl dieser Grade an der vorderen Fläche desselben angemerkt, um sie nach dem Gebrauche des Stücks von der angegebenen Zahl abziehen zu können. Geht einer von den im Wasserbade getrockneten Thoncylindern nicht ganz bis auf o, so wird die Anzahl Grade, um die er davon entfernt bleibt, an der hinteren, durch die abgestumpften Kanten kenntlichen Fläche aufgezeichnet, um diese später den angegebenen Graden zu-

zählen zu können. Die so adjustirten Stücke werden nun, um ihnen mehr Festigkeit zu geben, in einem Ofen, bey Rothglühhitze gebrannt, worauf sie sich insgesammt 5 bis 7 Grade weit in den Massstab einschieben lassen. — Will man nun eine hohe, über den Glühepunkt reichende Temperatur mittelst dieses Pyrometers bestimmen, so legt man Ein oder zwey Pyrometerstücke genau an den Ort, dessen Hitzegrad man bestimmen will, bis sie die Temperatur dieses Ortes angenommen haben. Dann nimmt man sie heraus, lässt sie erkalten, und schiebt sie in dem Massstabe zwischen den Stäben so weit fort, als sie sich ohne Gewalt bringen lassen. Der Grad, den sie nun mit ihrer vordern scharfen Kante erreichen, druckt, nachdem man die vorn oder hinten angemerkte Zahl abgezogen oder hinzugezählt hat, den Grad der Hitze aus, dem sie ausgesetzt waren. — Wedgwood schätzt seinen Nullpunkt gleich + 1077° F. oder + 464° R. und jeden einzelnen Grad = 130° F. oder 58° R. Das Ende seiner Skale mit 240° W. ist also gleich 32277° F. oder 14331° R.

Beschreibung und Gebrauch eines Thermometers, die höheren Grade der Hitze zu messen, von der rothen Hitze an bis zu der allerstärksten, welche irdene Gefässe ertragen können. Von *Josias Wedgwood* Mitgliede der k. Societät der Wissenschaften zu London und Töpfer I. M. der Königinn. Aus dem Englischen übersetzt. London 1786.

Guyton Morveau hat ein *Platinpyrometer* vorgeschlagen (Annales de chimie. tom. 74. 78. 90. 91.), das er für genauer, aber von einer nicht so allgemeinen Anwendung als das Wedgwoodsche Pyrometer hält. Durch Vergleichung der Aussagen des ersteren mit den Angaben des letzteren will er gefunden haben, dass Wedgwood's Nullpunkt nicht 1077° F., sondern 517°, F. und dass jeder einzelne Grad nicht 130° F. sondern $62\frac{1}{2}$° F. entspreche.

Nach dem angegebenen Verhältnisse der verschiedenen Thermometer- und Pyrometerskalen, lassen sich die Grade der einen durch eine einfache Regel de tri leicht in Grade jeder andern verwandeln.

252. *Holzmanns Thermometer* in Form einer Sackuhr gründet sich (nach Breguet's Idee) auf die ungleiche Ausdehnung und Zusammenziehung, welche verschiedene Metalle bey gleicher Erwärmung und Abkühlung erleiden. Dieses Instrument (Fig. 52 A.) bestehet aus dem Bogen ab ab ab, dessen äussere Peripherie a a a aus Eisen, der innere Theil b b b aber aus Messing gemacht ist. Er ist bey c c befestigt und bey d d mit einem stählernen Haken d e e versehen. F g h ist ein ungleicharmiger, um den Befestigungspunkt g beweglicher Hebel, der am kürzeren Arme unter i das massive Stahlstück k (wie es in der diesen Hebel im Profil vorstellenden Fig. 52 B zu sehen ist) und oben den mit 24 Zähnen versehenen Bogen l m trägt. Dieser Bogen greift mit seinen Zähnen in das gleichfalls mit 26 Zähnen versehene Rad n ein, an dessen Achse gegen die vordere Fläche zu ein Zeiger befestigt ist (Fig. 52 C). Der Haken d e e berührt mit seinem äussersten Ende genau das Stahlstück k (wie es Fig. 52 D nach weggenommener oberen Platte zeigt). — Da sich Eisen durch Erhitzen beynahe um die Hälfte weniger als Messing ausdehnet (§. 245), so muss sich der Bogen ab ab ab beym Erwärmen erweitern, und beym Abkühlen zusammenziehen. Wird dieser Bogen erweitert, so drückt der Haken d e e das Stahlstück k und setzt dadurch den Hebel F g h in Bewegung, welche an dem Ende des längeren Armes, also am Bogen l m schon viel merklicher wird. Dieser Bogen theilt seine Bewegung dem Rade n und dieses die seinige wieder dem Zeiger auf der andern Seite mit, der nun die Grade der Wärme an der nach was immer für einer Skale eingerichteten Zahlenreihe, an der äussersten Peripherie des Zifferblattes zeigt. Die nach der Richtung o p q gewundene Spiralfeder, die mit dem äusseren Ende an dem Biegel bey o, mit dem inneren an dem Rade n befestigt ist, dienet dazu, das Rad und den Bogen l m wieder zurückzubewegen, wenn der grosse Bogen ab ab ab (die eigentli-

che thermometrische Substanz in diesem Instrumente) durch Abkühlen sich wieder verengt, damit das Stahlstück k dem Haken d e e bey seinem Zurückgehen folge, und mit dessen Ende immer in genauer Berührung bleibe.

253. Die Wirkung, welche ein Körper mittelst seiner Wärme auf das, freylich oft sehr trügliche Gefühl oder auf das zuverlässigere Thermometer äussert, heisst seine *Temperatur*, die von der Menge des mit ihm verbundenen Wärmestoffes wohl zu unterscheiden ist; indem, wie gleich erhellen wird, zwey gleiche Massen verschiedenartiger Körper, bey einerley Temperatur sehr verschiedene Mengen von Wärmestoff enthalten können. Derjenige Wärmestoff, welcher die Temperatur eines Körpers bestimmt, mittelst dessen also der Körper auf das Gefühl wirkt und das Thermometer steigen macht, heisst *freyer Wärmestoff*, im Gegensatze des *gebundenen*, *figirten* oder *latenten Wärmestoffs*, der die Eigenschaft auf das Gefühl und Thermometer zu wirken verloren hat.

254. Der Wärmestoff äussert das Bestreben, sich zwischen alle Körper so zu vertheilen, dass ihre Temperaturen im Gleichgewichte sind. Die tägliche Erfahrung lehrt, dass wärmere, von kälteren umgebene Körper so lange Wärmestoff an diese abgeben, bis sie mit ihnen eine gleiche Temperatur erlangt haben, und dass nur lebende Wesen, als Selbstquellen der Wärme, sich diesem Gesetze entziehen. Durch viele genaue Versuche ist ausgemacht worden, dass, wenn ein Körper in ein *Mittel* gebracht wird, dessen Temperatur von der seinigen verschieden ist, sich dieser Unterschied in einem geometrischen Verhältnisse vermindert, während die Zeit in einem arithmetischen Verhältnisse zunimmt. — Man hat diese Eigenschaft des Wärmestoffs, die Temperaturen auszugleichen, durch verschiedene Theorien zu erklären gesucht, wovon *Prevost's* die consequenteste

ist. Nach dessen atomistischer Ansicht ist der Wärmestoff, gleich dem Lichtstoffe, eine diskrete Flüssigkeit, deren Theilchen sich im freyen Zustande mit ungeheurer Geschwindigkeit bewegen. Jeder Körper strahlt Wärme aus, nur der wärmere mehr als der kältere; jeder Körper erhält auch wieder von den umgebenden, ausstrahlenden Körpern Wärmestoff, allein der wärmere weniger als der kältere, wodurch sich endlich die Temperaturen nach dem angegebenen Gesetze ausgleichen müssen.

Bewegung des Wärmestoffs.

255. Damit der Wärmestoff das Bestreben, die Temperaturen ins Gleichgewicht zu setzen, befriedigen könne, muss er frey beweglich seyn. — Diess ist er denn auch in einem höheren Grade, als alle übrigen Substanzen der Natur: denn wir kennen noch keinen Körper, der seine Bewegung und Ausbreitung ganz verhindern könnte. — Diese Bewegung des Wärmestoffs geschieht aber auf zwey von einander sehr verschiedene Arten. Da die Wärmestrahlen der Sonne die Lichtstrahlen begleiten (§. 204), so muss sich der Wärmestoff mit der Geschwindigkeit des Lichtstoffes bewegen und in einer Sekunde also auch über 40000 Meilen zurücklegen. Auf diese Weise kann sich der Wärmestoff nur im leeren Raume und in einigen durchsichtigen Körpern z. B. in der Luft u. dgl. m. bewegen: er heisst dann *frey durchgehender* oder *strahlender Wärmestoff*. Steckt man eine 20 Zoll lange Eisenstange mit dem einen Ende ins Feuer, so braucht es 4 Minuten Zeit, ehe das am entgegengesetzten Ende angebrachte Thermometer zu steigen anfängt. Hier bewegt sich der Wärmestoff also in einer Sekunde nur $\frac{1}{12}$ Zoll. Den durch die meisten irdischen Körper mit ungemein verminderter Geschwindigkeit sich bewegenden Wärmestoff, heisst man *geleiteten*

Wärmestoff, und die Körper, durch welche er sich auf diese Art bewegt, *Wärmeleiter*.

256. Die strahlende Wärme kommt mit den Lichtstrahlen nebst der ungeheuren Schnelligkeit der Bewegung auch darin überein, dass sie durch einige Körper frey durchgeht, von andern absorbirt oder zurückgeworfen wird. Beym Durchgange durch verschiedene Mittel werden die Wärmestrahlen auch nach demselben Gesetze gebrochen, obschon sie etwas weniger brechbar zu seyn scheinen, als die Lichtstrahlen (§. 204). Dieser Eigenschaft verdankt der Brennpunkt der Linsengläser und Hohlspiegel seine Kraft und seinen Nahmen (§. 196). Metallspiegel strahlen, ohne selbst warm zu werden, die Wärme viel besser zurück als Glasspiegel, die sich selbst sehr stark erhitzen. *Pictet* stellte zwey zinnerne Brennspiegel (Fig. 53) von 9 Zoll Brennweite in einer Entfernung von 12 Fuss 2 Zoll genau einander gegenüber. In den Brennpunkt des einen Spiegels stellte er die Kugel des Luftthermometers a. Brachte er nun in den Brennpunkt des andern Spiegels einen erwärmten, auch gar nicht leuchtenden Körper, z. B. einen Kolben mit heissem Wasser b, so zeigte das Thermometer im andern Brennpunkte Vermehrung der Wärme an; Verminderung der Wärme hingegen, wenn jener heisse Körper mit einem kalten vertauscht wurde.

257. Der Wärmestoff bewegt sich durch alle Körper, folglich leiten ihn alle, oder *alle Körper sind Leiter für den Wärmestoff*. Der Wärmestoff bewegt sich aber nicht durch alle Körper gleich schnell: einige nehmen ihn langsam an und geben ihn langsam wieder ab; andere werden unter gleichen Umständen geschwind warm, kühlen aber auch eben so geschwind wieder ab: jene leiten den Wärmestoff schlecht oder sind *schlechte Wärmeleiter*, diese leiten ihn gut oder sind *gute Wärmeleiter*. Die wärmeleitende Kraft der Körper lässt sich nach der Zeit bestimmen, die sie brauchen, um eine

gewisse Temperatur anzunehmen oder zu verlieren. So sind Metalle bessere Wärmeleiter als Glas, und dieses ist ein besserer Leiter als Holz.

258. Das Gesetz, dass jeder Körper ein Wärmeleiter ist, gilt nur so lange, als er seine Form nicht verändert. Sobald ein fester Körper tropfbar, ein tropfbarer luftförmig wird, oder sobald ein Körper aus einem der letztern Zuständen in einen der ersteren übergeht, höret er, so lange dieser Übergang dauert, die Wärme zu leiten auf. Daher kann Eis in den heissesten Zimmern nicht über o R. erwärmt werden.

259. Die Leitungsfähigkeit der Körper scheint von ihrer Verwandtschaft zum Wärmestoffe abhängig zu seyn, und mit dieser im umgekehrten Verhältnisse zu stehen. Jeden Leiter kann man sich aus einer Menge sehr feiner Schichten bestehend vorstellen, wovon immer eine den Wärmestoff von der andern empfängt und so weiter leitet. Die der Wärmequelle nächste Schichte verbindet sich erst mit einer gewissen Portion Wärmestoff, ehe sie etwas davon an die zweyte Schichte abgibt, die sich nun eben so zur dritten Schichte verhält u. s. f. Da sich aber jede Schichte mit einer um so grösseren Menge Wärmestoff verbindet, bevor sie etwas davon weiter gibt, je grösser ihre Verwandtschaft zu dem genannten Stoffe ist; so muss auch die Leitung desto langsamer vor sich gehen, je näher jene Verwandtschaft ist. Aus der bekannten Verwandtschaft der Körper zum Wärmestoff kann man also auf ihre Leitungsfähigkeit, und von dieser umgekehrt auf ihre Verwandtschaft schliessen.

260. Die flüssigen Körper besitzen nebst der leitenden Kraft noch eine andere Eigenschaft, wodurch die Mittheilung des Wärmestoffes sehr befördert wird. Da nähmlich die Theile flüssiger Körper unter einander frey beweglich sind, so steigen, wenn die Wärme von unten angebracht wird, die erwärmten, dadurch ausgedehnten und leichter gemachten unteren Theile der

Flüssigkeit in die Höhe, ihr Platz wird von andern noch nicht erwärmten Theilen besetzt, die aber bald den ersten folgen, wodurch eine Art von Kreislauf entsteht. Die Eigenschaft flüssiger Körper, den Wärmestoff auf diese Art unter sich zu vertheilen, heisst man ihre *fortführende Kraft* für den Wärmestoff, die durch alles geschwächt wird, wodurch sich die Flüssigkeit der Substanz vermindert; z. B. wenn man in Wasser etwas gekochte Stärke vertheilt. Von dem wirklichen Stattfinden der beschriebenen Bewegung kann man sich augenscheinlich überzeugen, wenn man Wasser mit etwas grobem Bernsteinpulver in einem hohen Glascylinder von unten erhitzt. Das Bernsteinpulver, durch welches die Strömung des Wassers nur sichtbar gemacht wird, steigt in der Mitte des Gefässes mit dem warmen Strome vom Boden in die Höhe, und von da wieder mit dem kalten Strome an den abkühlenden Seitenwänden herab. Graf *Rumford* sprach den Flüssigkeiten das eigentliche, leitende Vermögen ganz ab, und stand ihnen bloss die fortführende Kraft zu. Thomas *Thomson* widerlegte diese Behauptung dadurch, dass er Wasser durch darauf gegossenes heisses Öhl von oben nach unten erwärmte. Obschon also das fortführende Vermögen bey weitem wirksamer ist, so kann man Flüssigkeiten die leitende Kraft im strengern Sinne doch auch nicht absprechen. — Wie bey den tropfbaren, so überwiegt auch bey den gasförmigen Körpern die fortführende Fähigkeit bey weitem die eigentlich leitende. Daher ist bewegte Luft ein sehr guter Leiter, da hingegen eingeschlossene, ruhige Luft einer der schlechtesten Leiter ist. Dieser Eigenschaft der atmosphärischen Luft verdanken wir den Zug in unsern Öfen und Schornsteinen, die Erneuerung der Luft in unseren Wohnungen; ihr sind die Winde zuzuschreiben u. dgl. m.

261. Unter den festen Körpern sind die Metalle die besten Leiter und folgen, nach *Ingenhouss's* Versuchen,

in dieser Eigenschaft abnehmend so auf einander: Silber, Gold, Kupfer, Zinn, Platin, Eisen, Stahl, Bley. Die vier letzteren stehen aber den vier ersteren weit nach. Auf die Metalle folgen die Steine, Glas, Porzellän (die wegen der aus der unvollkommenen Leitung folgenden ungleichen Ausdehnung und Zusammenziehung beym schnellen Temperaturswechsel so leicht springen), gebrannte Erden, Töpfergeschirr, Ziegelsteine; dann die verschiedenen Holzarten. Holzkohle ist schon ein sehr schlechter Leiter; Federn, Seide, Wolle, Haare sind noch schlechtere Leiter, wesswegen sie auch vorzüglich geschickt zu Winterkleidungsstücken sind, in welchem Falle sie jedoch nicht warm machen, sondern nur warm halten, d. h. das Entweichen der vom Körper durch den Lebensprozess erzeugten Wärme verzögern. Die Leitungskraft der daraus verfertigten Stoffe steht nach des G. Rumford's Versuchen mit der Feinheit des Gewebes im umgekehrten Verhältnisse. — Unter den tropfbaren Substanzen leitet Quecksilber am besten, noch einmahl so gut als Wasser. Auch Öhle, Alkohol und Salzlaugen leiten besser als Wasser. Der schlechteste Leiter ist nicht bewegte Luft. Die schlechte Leitungskraft vieler der genannten Substanzen und ihr davon abhängendes warmhaltendes Vermögen ist der in ihren Zwischenräumen eingeschlossenen Luft zuzuschreiben.

262. Die Farbe und der Grad der Politur oder der Rauhigkeit der Oberflächen haben einen entschiedenen Einfluss auf das Leitungsvermögen der Körper. Derselbe von dunkelgefärbten und rauhen Oberflächen eingeschlossene Körper nimmt den Wärmestoff leichter auf und lässt ihn auch leichter wieder fahren, leitet ihn also besser, als wenn seine Oberfläche hellfärbig oder polirt ist. Wasser bleibt in einer polirten Metallkanne länger heiss als in einer mattgeschliffenen oder dunkelangestrichenen. Thermometer, deren Kugel mit Lampenruss geschwärzt worden ist, steigen in der Wärme schneller

und höher, sind also empfindlicher als ohne diese Vorbereitung. Dass die Farbe der Oberflächen einen grossen Einfluss auf die Absorbtion des Wärmestoffs hat, zeigte Franklin durch einen sehr einfachen Versuch. Er legte des Winters verschieden gefärbte Tuchlappen auf den Schnee in die Sonne: die schwarzen und dunkelgefärbten sanken am frühesten und tiefsten in den Schnee ein, die lichten weniger und später, die weissen fast gar nicht. Eben so findet man, wenn übrigens ganz gleiche, auf einer Fläche mit Cerat, auf der andern mit verschiedenen Farben bestrichene Kupferbleche mit der gefärbten Seite der Sonne zugekehrt werden, dass die Wachsmasse an der Rückseite der dunkelgefärbten Bleche viel früher schmilzt, als an der Rückseite der lichten oder weissen. Desswegen liebt man im Winter dunkle, im Sommer hellfarbige Kleider. — Diese Modifikation der Wärmeleitung scheint von dem durch die Oberflächen mehr oder weniger begünstigten Ein- und Ausstrahlen des Wärmestoffs abhängig zu seyn.

263. Da sich der Wärmestoff von einem Körper zum andern nicht bloss strahlend bewegt, sondern auch geleitet wird, so folgt, dass das ins Gleichgewichtsetzen der Temperaturen auch von der Leitungskraft, sowohl des wärmeren d. h. Wärmestoff abgebenden, dann des kälteren, Wärmestoff empfangenden, als auch von der Leitungskraft des Mediums oder Zwischenkörpers abhängig ist. Ein Stück heisses Eisen wird, in kaltes Quecksilber getaucht, früher mit diesem in gleiche Temperatur kommen, als in eben so kaltem Öhle. Darum erwärmen eiserne Öfen ein Zimmer geschwinder als thönerne; allein diese geben noch immer langsam Wärme ab, wenn jene schon lange erkaltet sind, halten also das Zimmer länger warm.

264. Kraft ihres specifischen Leitungsvermögens werden Körper zu gewissen Anwendungen vorzüglich geschickt oder untauglich. Papierene, vorzüglich an bey-

den Seiten des Rahmens mit Papier überzogene, also einen Zwischenraum mit ruhiger Luft einschliessende Ofenschirme, sind bey weitem zweckmässiger als gläserne oder gar metallene. Für Eisgruben taugen hölzerne Wände und Strohdächer besser als Steinmauern mit Ziegel- oder Kupferdächern. Strohdächer sind im Sommer kühler und im Winter wärmer als Schindel-Ziegel-, oder Metalldächer. Winterfenster leisten ihre Dienste vorzüglich durch die Schichte eingeschlossener Luft. Chemische Öfen von ungebranntem Thone sind besser als metallene, weil es bey ihnen darauf ankommt, die Hitze im Ofen beysammen zu halten und nicht, wie bey Stubenöfen, sie nach aussen zu verbreiten. Eine Decke von Schnee schützt, als ein schlechter Wärmeleiter, die junge Saat vor dem nachtheiligen Einwirken der Winterkälte. Daraus kann man auch erklären, warum man eine Glasmasse unter Wasser ohne Schaden berühren kann, wenn sie auch im Innern noch ganz roth glüht; warum man wohl Siegellak, Glas u. dgl., keineswegs aber Bley oder andere Metalle sehr nahe am schmelzenden Ende halten kann. u. dgl. m.

Vom *Glühen* als Wirkung des angehäuften Wärmestoffs ist oben beym Lichte §. 192 gehandelt worden.

Specifischer Wärmestoff.

265. Wenn man gleiche Mengen von einer heisseren und kälteren Flüssigkeit derselben Art zusammenschüttet; so wird das Ganze dann, dem eben angegebenen Gesetze der Ausgleichung der Temperaturen zu folge, die mittlere Temperatur der beyden Portionen haben. 1 Pf. Wasser von $+60^{\circ}$ R. und 1 Pf. Wasser von $+20^{\circ}$ R. werden zusammen gegossen 2 Pf. Wasser von $+40^{\circ}$ R. geben. Das heisse Wasser verliert 20° und das kältere wird dadurch um 20° wärmer. Macht man aber den Versuch mit verschiedenartigen Körpern

z. B. mit Wasser und Quecksilber, so ist der Erfolg ganz anders. Wird 1 Pf. Wasser von + 100° F. über 1 Pf. Quecksilber von + 50° F. gegossen, so sollte nach der Rechnung Wasser und Quecksilber zusammen die mittlere Temperatur + 75° F. haben; im Versuche zeigt sich aber die Temperatur von + 88° F. Das Wasser hat also nur 12° Wärme verloren und das Quecksilber dadurch 38° gewonnen. Dieselbe Menge Wärmestoff, welche die Temperatur eines bestimmten Gewichts Wasser um 12° erhöht, muss die Temperatur eines gleichen Gewichts Quecksilber um 38° zu erheben im Stande seyn. Macht man den Versuch mit Quecksilber von + 100° F. und mit Wasser von + 50° F,; so ist die gemeinschaftliche Temperatur nach dem Zusammenschütten + 62° F. Das Quecksilber hat also 38° Wärme verloren und das Wasser nur 12° gewonnen: die Wärmestoffmenge also, welche die Temperatur des Quecksilbers um 38° vermehrt, erhebt die des Wassers nur um 12°. Es gehört folglich mehr als 3 Mahl so viel Wärme dazu, die Temperatur einer bestimmten Menge Wasser um eine gewisse Zahl Grade steigen zu machen, als die Temperatur derselben Menge Quecksilber um die nähmliche Zahl Grade zu erheben. Setzet man die Versuche mit verschiedenen Körpern fort, so wird man kaum zwey finden, von denen bey der Vermischung gleicher Quantitäten der eine so viel Wärmegrade gewinnt, als der andere verliert; dass also fast jeder Körper, auch bey gleichem Gewichte, eine andere Menge Wärmestoff bedarf, um seine Temperatur auf einen gewissen Grad zu bringen. Die Menge Wärmestoff nun, die ein Körper im Vergleiche mit dem gleichen Gewichte eines andern bedarf, um eine gewisse Temperaturs-Erhöhung zu erlangen, nennet man seinen *specifischen Wärmestoff*, und die Eigenschaft des Körpers, für den genannten Zweck eine grössere oder geringere Menge Wärmestoff zu bedürfen, seine *Capacität für den Wärmestoff* oder

seine *Wärmecapacität*. Nach obigen Versuchen hat also das Wasser drey Mahl so viel specifischen Wärmestoff als das Quecksilber, oder die Wärmecapacität des ersteren verhält sich zu der des letzteren wie 3, 16 : 1 ($3\frac{16}{100}$ zu 1) d. h. dieselbe Menge Wärmestoff, welche ein bestimmtes Gewicht von Wasser um 1° erwärmt, wird dasselbe Gewicht von Quecksilber um 3, 16° erwärmen.

Die Menge von Wärmestoff, die, statt gleicher Gewichte, gleiche Ausdehnungen (Volumina) verschiedener Körper bedürfen, um dieselbe Temperaturserhöhung zu erlangen, heisst *relativer Wärmestoff*. Man findet diesen, wenn man die Zahl, welche den specifischen Wärmestoff ausdruckt, mit dem specifischen Gewichte jedes betreffenden Körpers multiplicirt.

266. *La Place* und *Lavoisier* untersuchten die Körper in Hinsicht ihrer Wärmecapacität noch auf eine andere Art. Die Menge von Eis, welche durch Wärmestoff geschmolzen wird, steht mit der Quantität des letzteren im geraden Verhältnisse. Wenn man gleiche Quantitäten verschiedener Körper von derselben Temperatur mit Eis unter solchen Umständen in Berührung bringt, dass letzteres nur von diesen Körpern Wärmestoff erhalten, und also nur durch diesen schmelzen kann: so wird man finden, dass verschiedene Körper auch verschiedene Mengen von Eis schmelzen werden, dass sie folglich, um von der gemeinschaftlichen Temperatur auf den Eispunkt abzukühlen, verschiedene Quantitäten von Wärmestoff abgegeben und daher auch besessen haben, dass also verschiedene Mengen Wärmestoff erforderlich waren, um die Temperatur ungleichartiger Körper um dieselbe Anzahl Grade zu erheben. Dieses Alles deutet nun dahin, dass die Körper verschiedenen specifischen Wärmestoff oder eine ungleiche Wärmecapacität besitzen. Die Mengen des geschmolzenen Eises kann man durch Wägen des abgeflossenen, gebildeten Wassers genau bestimmen. Die Vorrichtung, worin diese

Versuche am genauesten und bequemsten angestellt werden können, und welche eigentlich in einem ganz mit Eis umgebenen, unten mit einem Hahne versehenen Gefässe besteht, heisst *Laplace's Calorimeter.*

Der Umstand, dass man nie überzeugt seyn kann, ob nicht etwas von dem geschmolzenen Eise neuerdings gefroren, oder von dem noch ungeschmolzenen aufgesaugt worden sey, macht die Aussagen dieses sonst sehr vortrefflichen Instrumentes etwas unzuverlässig.

267. Die Capacität der Körper für den Wärmestoff steht mit ihrer Verwandtschaft zu demselben im geraden Verhältnisse, und ist also um so grösser, je näher diese Verwandtschaft ist. Die Wärmecapacität muss folglich, so wie die Verwandtschaft mit der Leitungsfähigkeit im umgekehrten Verhältnisse stehen, bey guten Leitern geringer als bey schlechten seyn. Dieser, von der Erfahrung fast durchgehens bestätigten Regel zu Folge, darf man beynahe nur die Ordnung wissen, in welcher die Körper in Hinsicht ihrer Wärmecapacität auf einander folgen, um auch die Ordnung ihrer Leitungsfähigkeit zu kennen. Folgende Tabelle über die Wärmecapacität kann also zugleich für die Verwandtschaften der Körper zum Wärmestoffe und in umgekehrter Ordnung auch für ihre Wärmeleitungsfähigkeit dienen.

Specifischer und relativer Wärmestoff einiger Körper in Vergleichung mit jenem des Wassers gleich 1,0000 gesetzt.

1. Elastische Flüssigkeiten.	Specif. Gewicht.	Wärmestoff specifischer	Wärmestoff relativer.
Wasserstoffgass . .	0,000094	21,4000	0,00201
Sauerstoffgas . . .	0,00131	4,7490	0,00622
Atmosphärische Luft	0,00119	1,7900	0,00213
Kohlensaures Gas .	0,00178	1,0459	0,00186
Stickgas	0,00115	0,7036	0,00080
Wasserdampf . . .		1,5500	

2. Tropfbare Flüssigkeiten.	Specif. Gewicht.	Wärmestoff specifischer	Wärmestoff relativer.
Wasser	1,0000	1,0000	1,0000
Kohlensaurer Ammoniak		1,8510	
Arterienblut . . .		1,0300	
Kuhmilch	1,0324	0,9999	1,0322
Schwefelammoniak .	0,8180	0,9940	0,8131
Venöses Blut		0,8928	
Bittersalzlösung (1. S. 8 W.)		0,8440	
Kochsalzlösung (1 : 8.)		0,8320	
Salpeterlösung (1 : 8.)		0,8167	
Salmiaklösung (1 : 1, 5)		0,7790	
Weinsteinlösung (1 : 2,37)		0,7650	
Kalilösung	1,3460	0,7595	1,0216
Eisenvitriollösung (1 : 2,5.)		0,7340	
Glaubersalzlösung (1 : 2,9)		0,7280	
Baumöhl	0,9153	0,7100	0,6498
Ammoniak	0,9970	0,7080	0,7058
Salzsäure	1,1220	0,6800	0,7630
Schwefelsäure gewässert (4 : 5.)		0,6631	
Alaunlösung (1 : 1 45.)		0,6490	
Alkohol , .	0,8371	0,6021	0,5040
— —	0,8180	0,5499	
Schwefeläther . . .	0,7290	0,5432	
Schwefelsäure . . .	1,8400	0,5968	1,0981
Salpetersäure , . .	1,3550	0,5760	0,7804
Leinöhl	0,9403	0,5280	0,4965
Terpenthinöhl . .	0,9010	0,4720	0,4677
Weinessig		0,3870	
Quecksilber	13,5680	0,3100	4,2061
Feste Körper.			
Eis		0,9000	
Ochsenhaut mit Haaren		0,7870	

	Specif. Gewicht.	Wärmestoff specifischer	relativer.
Lungen eines Schafes		0,7690	
Rindfleisch mageres .		0,7400	
Fichtenholz, P. silvest.	0,4080	0,6500	0,2652
Tannenholz . . .	0,4470	0,6000	0,2682
Lindenholz	0,4080	0,6200	0,2530
Föhrenholz, P. picea .	0,4950	0,5800	0,2871
Apfelbaumholz . .	0,6390	0,5700	0,3642
Erlenholz	0,4840	0,5300	0,2565
Wintereichenholz Q. R. sessilis	0,5310	0,5100	0,2708
Eschenholz	0,6310	0,5100	0,3218
Birnbaumholz . . .	0,6030	0,5050	0,2025
Reis		0,5020	
Feldbohnen		0,5000	
Sägespäne von der Fichte		0,5020	
Wallrath		0,5000	
Erbsen		0,4920	
Rothbuchenholz, F. sylvat.	0,6920	0,4900	0,3390
Weissbuchenholz Carp. Betulus	0,6900	0,4800	0,3312
Birkenholz	0,6080	0,4800	0,2918
Weitzen		0,4770	
Ulmenholz	0,6460	0,4700	0,3036
Sommereichenholz Q. R. pedunculata . . .		0,4500	0,3006
Pflaumbaumholz . .	0,6068	0,4400	0,3023
Wachs weisses . . .		0,4500	
Gerste	1,0540	0,4210	
Hafer		0,4106	
Steinkohlen . . .		0,2777	
Holzkohlen		0.2631	
Kreide		0,2564	
Eisenrost		0,2500	
Gebrannter Kalk . .		0,2199	

	Specif. Gewicht.	Wärmestoff specifischer	relativer.
Steingut		0,1950	
Agat	2,6480	0,1950	0,5630
Steinkohlen abgeschwefelte (cinders) . . .		0,1923	
Asche derselben . .		0,1885	
Glas schwedisches .	2,3860	0,1870	0,4461
Schwefel und Graphit	1,9900	0,1830	0,3642
Ulmenasche		0,1402	
Eisen	7,8760	0,1264	0,9955
Messing	8,3580	0,1141	0,9536
Kupfer	8,7840	0,1121	0,9847
Eisenblech		0,1099	
Bley- und Zinnoxyd .		0,1020	
Kanonenmetall . . .		0,1100	
Zink	7,1540	0,9810	0,7018
Holzkohlenasche . .		0,0909	
Silber	10,0010	0,0820	0,8201
Zinn	7,3800	0,0661	0,4878
Antimonium	6,1070	0,0637	0,3890
Gold	19,0400	0,0500	0,9520
Platin (nach Ritter) .		0,0425	
Bley	11,4560	0,0424	0,4857
Wismuth	9,8610	0,0430	0,4240

268. Mit dem specifischen Wärmestoffe eines Körpers steht wohl wahrscheinlich die *absolute* mit demselben verbundene *Wärmestoffmenge* im Verhältnisse: allein diese absolute Menge genau zu bestimmen oder durch Zahlen auszudrücken, sind wir nicht im Stande, weil wir noch keinen Körper haben bis zu dem Verluste alles Wärmestoffes abkühlen, also auf den absoluten Nullpunkt bringen können; ja weil wir noch nicht ein Mahl bestimmen können, ob Körper ohne Wärmestoff, welcher einer der einfachsten Modificationen ih-

rer Grundkräfte zu seyn scheint, überhaupt möglich sind. Die Methoden, welche *Irwin* und *Dalton* vorgeschlagen haben, die absolute Menge des mit einem Körper verbundenen Wärmestoffes, und also den absoluten Nullpunkt durch Rechnung zu finden, beruhen auf zu wenig haltbaren und zu willkührlichen Voraussetzungen.

Kälte.

269. Ein Körper ohne allen Wärmestoff könnte absolut kalt geheissen werden; denn unter Kälte verstehen wir Mangel an Wärmestoff; oder Kälte verhält sich zur Wärme eben so, wie Schatten oder Finsterniss zum Lichte. Da man aber bisher noch keinen Körper alles Wärmestoffs zu berauben im Stande war: so kennet man auch die *absolute Kälte* nicht, sondern bloss *relativ kalte Körper* (Halbschatten). Nach einem ziemlich allgemeinen Sprachgebrauche nimmt man am Thermometer den Eispunkt als die Scheidewand zwischen Wärme und Kälte an: die Temperaturen darüber zählt man nach Wärme-, die darunter nach Kältegraden. Auf unser Gefühl als Massstab von Wärme und Kälte dürfen wir uns sehr wenig verlassen, da dieses äusserst verschieden und wandelbar ist. Der Mensch erzeugt nähmlich in seinem Körper durch den Lebensprozess selbst eine beträchtliche Menge Wärme, die er in einer gewissen Zeit oder mit einer bestimmten Geschwindigkeit an seine Umgebungen abzutreten und als eine unerschöpfliche Quelle wieder neu zu erzeugen gewohnt ist. Von der Geschwindigkeit dieses Abgebens hängt nun das Gefühl von Wärme und Kälte ab. Gibt der Mensch in einer bestimmten Zeit mehr Wärmestoff ab als er zu verlieren gewohnt ist, so empfindet er Kälte, gibt er weniger als gewöhnlich ab, Wärme. — Die Geschwindigkeit dieses Abgebens von Wärmestoff richtet sich (§. 254) nach dem Unterschiede der Temperatur des menschlichen Kör-

pers (die beständig nahe an + 30° R., also höher als unsere grösste Sommerhitze ist) und seiner Umgebungen; dann (§. 263) nach der Leitungsfähigkeit der letzteren. Im Winter, wo die Temperatur der Atmosphäre gewöhnlich 0 oder unter 0, also der Unterschied zwischen ihr und der unseres Körpers 30 oder über 30° ist, muss dieser, unter übrigens gleichen Umständen, seinen Wärmestoff geschwinder verlieren als im Sommer, wo dieser Unterschied bloss 20 oder 10 oder noch weniger Grade beträgt. Wenn man im Winter Holz und Eisen berührt, welche beyde am Thermometer dieselbe Temperatur z. B. 0 zeigen; so wird das letztere wegen seiner besseren Leitungsfähigkeit kälter als das erstere scheinen. — Bey verschiedenen Individuen ist die Menge von Wärmestoff, welche sie mit Behaglichkeit abzugeben gewohnt sind, sehr verschieden; ja auch bey demselben Individuum nach einer durch kurze Zeit sich eigen gemachten Gewohnheit, zu verschiedenen Zeiten äusserst ungleich. Ein Afrikaner wird dort frieren, wo ein Kamtschadale sich wärmt. Im Sommer scheint uns ein Tag, an welchem das Thermometer + 10° R. zeigt, kalt; im Winter würde uns ein solcher Tag warm vorkommen. Aus derselben Ursache scheinen uns die Keller im Sommer kalt und im Winter warm, obschon ihre Temperatur im Sommer wirklich zwey oder drey Grade höher als im Winter ist. — Endlich ist das Gefühl der Wärme oder Kälte von der physiologischen Stimmung oder von dem pathologischen Zustande des Körpers abhängig. Einen Fieberkranken schüttelt in demselben Zimmer jetzt die fürchterlichste Frostkälte, in welchem er eine halbe Stunde darauf in unausstehlicher Hitze zu verschmachten glaubt. — Bey dieser Unzuverlässigkeit unsers Gefühls müssen uns daher die Thermometer äusserst wichtige Instrumente seyn.

Die Alten nahmen eine besondere kaltmachende Materie an. Auch in den neueren Zeiten fand diese Hypothese wieder

einige Anhänger, als sich in dem (§. 255) beschriebenen Versuche mit den zwey correspondirenden Hohlspiegeln zeigte, dass das Thermometer in dem Brennpunkte des einen Hohlspiegels fiel, wenn in den Brennpunkt des andern ein kalter Körper z. B. ein Stück Eis gebracht wurde; ein Resultat, das sich nach Prevost's Theorie (§. 254) durch eine bloss vermehrte Entziehung von Wärmestoff erklären lässt.

Veränderung des Aggregatzustandes durch Wärme.

270. Nebst der Wirkung, welche der Wärmestoff auf das Gemeingefühl und auf das Volumen der Körper äussert, ist er in diesen auch noch andere, sehr merkwürdige, ihren Aggregatzustand betreffende Veränderungen hervor zu bringen im Stande. Wir sehen nähmlich viele Körper alle drey Aggregatzustände durchlaufen, ohne dass ausser Erwärmung oder Erkältung eine Veränderung mit ihnen vorgegangen ist. So wird das tropfbare Wasser durch Erkaltung zu Eise, durch Erhitzung zu luftförmigem Dampfe. So ist der Schwefel bey der gewöhnlichen Temperatur fest, bey + 80° R. wird er tropfbar, und bey ungefähr + 240° R. siedet er und verwandelt sich schnell in Dampf. Dasselbe gilt von der Schwefelsäure, vom Quecksilber und vielen andern Metallen. Die meisten festen Körper können durch Erwärmen in tropfbare und die meisten tropfbaren Körper durch höhere Grade von Wärme in luftförmige verwandelt werden; so wie umgekehrt durch Abkühlen viele luftförmige Körper in den tropfbaren, und aus diesem dann weiter in den festen Zustand zurückgeführt werden können. Die Temperaturen, bey welchen verschiedenartige Körper diese Veränderungen erleiden sind sehr verschieden, doch bey dem nähmlichen Körper, unter übrigens gleichen Umständen stets dieselben. Wenn wir einige feste Körper bisher noch nicht in tropfbare oder luftförmige, oder einige von den letzteren (die eigentli-

chen Gasarten) noch nicht in tropfbare oder feste verwandeln konnten, so liegt die Ursache darin, dass wir die zu diesen Veränderungen nothwendigen Temperaturen noch nicht hervorzubringen im Stande waren. Seit der Zeit, als sich die Mittel, hohe und niedere Temperaturen hervorzubringen, vervollkommnet haben, ist in dieser Rücksicht vieles geleistet worden, was unsern Ahnen unmöglich geschienen hatte. Die Naturforscher haben daher als allgemeines Gesetz den Satz aufgestellt: *Alle Körper werden starr (fest), wenn man sie nur hinlänglich niedrigen Temperaturen unterwirft, und alle Körper werden tropfbar oder luftförmig, wenn man sie nur genug hohen Temperaturen aussetzt.*

So hat man erst in dem letztverflossenen Jahrhunderte das Quecksilber in den festen Zustand versetzen gelernt. *Hutton* will sogar unlängst durch ein von ihm nicht angegebenes Verfahren, mittelst dessen man beliebige Kältegrade hervorzubringen im Stande seyn soll, Alkohol in Eis verwandelt haben. So können wir auch im Brennpunkte von Brenngläsern oder Brennspiegeln, oder durch Einwirkung starker elektrischer oder galvanischer Apparate Substanzen verflüchtigen, die man vorher für absolut feuerbeständig hielt

271. Die Umwandlung starrer Körper in tropfbare geschieht entweder nach und nach, indem der Körper vorher alle mögliche Grade von Weiche durchläuft, wie diess z. B. beym Wachse, Glase u. a. m., die beym Festwerden nicht krystallisiren, der Fall ist; oder sie geschieht plötzlich und auf Ein Mahl; der Körper ist den Augenblick vor dem Schmelzen noch so fest, als im Anfange der Erhitzung, und wird dann auf Ein Mahl flüssig. Hierher gehören die meisten Metalle und alle beym Festwerden krystallisirende Körper. Das Bley scheint sogar gleich vor dem Schmelzen härter und spröder als sonst zu seyn. — Die Temperatur, bey welcher feste Körper tropfbar werden, und die sich bey jenen der ersten Art schwer genau bestimmen lässt, heisst ihr *Schmelzpunkt*, oder auch

Gefrierpunkt bey denjenigen Substanzen, die bey der gewöhnlichen Temperatur der Atmosphäre tropfbar sind. In Hinsicht dieser Eigenschaft unterscheidet man *schmelzbare* und *unschmelzbare* (durch die gewöhnlichen Mittel), *leichtflüssige* und *strengflüssige* Körper.

Gefrierpunkt einiger Substanzen.

Salpetersäure . .	— 44° R.	Bergamotöhl . .	— 4° R.
Äther	— 35 —	Menschenblut . .	— 4 —
Ammoniak . . .	— 35 —	Flusssäure . . .	— 4 —
Quecksilber . .	— 32 —	Weinessig . . .	— 2 —
Schwefelsäure . .	— 17 —	Milch	— 1 —
Blausäure . . .	— 10 —	Wasser	— 0 —
Terpenthinöhl . .	— 8 —	Baumöhl	+ 2 —
Starker Wein .	— 5 —	Anisöhl	+ 8 —

Schmelzpunkt einiger Körper.

Kalium	+ 20° R.	Emaille-Farben . . .	6° W.
Talg	+ 27 —	Messing	21 —
Phosphor . . .	+ 30 —	Silber	24 —
Wallrath . . .	+ 36 —	Kupfer	27 —
Wachs rohes . .	+ 49 —	Gold	32 —
— gebleichtes	+ 55 —	Gusseisen	130 —
Schwefel . . .	+ 90 —	Kobalt	130 —
Zinn	+ 160 —	Nikel	160? —
Wismuth . . .	+ 205 —	Platin	170? —
Bley	+ 250 —	Flintglas	70 —
Tellur	+ 250 —	Hessische Schmelztiegel	150 —
Zink	+ 296 —	Schweisshitze des Eisens	95 —
Spiessglanz . . .	+ 345 —		

272. Sobald ein Körper den Schmelzpunkt erreicht hat, höret er auf, seine Temperatur weiter zu vermehren oder die Wärme zu leiten, wenn ihm auch davon noch so viel zugeführet wird. Er muss also die zugeführte Wärme bloss dazu verwenden, sich in den tropfbaren Zustand zu versetzen. Da diese Menge von Wärmestoff sich so innig mit ihm verbindet, dass sie auf-

höhrt auf das Gefühl und auf das Thermometer zu wirken, so *bindet* er dieselbe und verdankt also seine Flüssigkeit bloss diesem gebundenen Wärmestoffe. Jeder tropfbare Körper ist daher als zusammengesetzt anzusehen aus der festen Basis, in die er durch Erkalten übergeht, und aus gebundenem Wärmestoffe als Ursache seiner Tropfbarkeit. Es höret aber auch ein tropfbarer Körper beym Übergange in den festen Zustand die Wärme zu leiten und seine Temperatur weiter herabzusetzen auf, er mag einer auf noch so grossen Kälte ausgesetzt werden. Diess kommt daher, weil in dem Verhältnisse, wie er fest wird, aus diesem festwerdenden Theile so viel von der gebundenen Wärme frey wird, dass seine Temperatur dadurch immer auf demselben Punkte erhalten werden kann, ungeachtet er in Einem fort Wärmestoff an die kälteren Umgebungen absetzt. Umgekehrt muss auch, wie der zur flüssigen Form nothwendige gebundene Wärmestoff frey wird, mit der Ursache die Wirkung aufhören, und der Körper also fest werden. Darum behält gefrierendes Wasser, so lange noch ein Theil davon flüssig ist, und schmelzendes Eis immer die Temperatur o R.; desswegen ist das Eis von den älteren Naturforschern für einen Nichtleiter der Wärme erkläret worden, da doch alle Körper nur so lange Wärmeleiter sind, als sie ihren Aggregatzustand nicht verändern.

273. Vor *Black* meinte man, wenn ein Körper nur einmahl bis auf seinen Schmelzpunkt erhitzt sey, so gehöre nur ein kleiner Überschuss von Wärmestoff dazu, ihn ganz tropfbar zu machen: und wenn ein Körper nur auf seinen Gefrierpunkt abgekühlt sey, so werde er durch die Entziehung auch nur der geringsten Menge Wärmestoff gleich ganz fest. *Black* zeigte aber durch sehr scharfsinnige Versuche, dass in jenem Falle noch eine grosse Menge Wärmestoff erforderlich sey, die erst durch die innigste Verbindung mit dem Körper ihn tropfbar macht, und dass im zweyten Falle dem tropf-

baren Körper eine grosse Menge seines gebundenen Wärmestoffs entzogen oder in Freyheit gesetzt werden müsse, ehe er starr wird. Die Hauptversuche dieser Art, welche Black vorzüglich mit Wasser anstellte und wodurch er zugleich die Quantitäten von Wärmestoff nach der Fahrenheit'schen Thermometerskale bestimmte, die beym Übergange aus einem Zustande in den andern gebunden oder frey werden, sind folgende:

1. Zwey kugelförmige Gläser von demselben Durchmesser wurden mit Wasser gefüllt. In dem einen liess er das Wasser gefrieren, im andern nur bis + 33° F. (also 1° F. über dem Eispunkte) abkühlen. Die Kugel mit Eis hatte die Temperatur + 28° F. (4° unter dem Eispunkte). Nun wurden beyde Kugeln in ein warmes Zimmer von der Temperatur + 47° F. gebracht. Die Temperatur des Wassers stieg in einer halben Stunde von 33 auf 40° also um 7°. Die Temperatur der Eiskugel stieg fast augenblicklich auf + 32° F.; allein nun fing das Eis zu schmelzen an, und blieb immer auf + 32° stehen, bis nach $10\frac{1}{2}$ Stunde das Eis ganz in Wasser verwandelt worden war, welches die Temperatur von 40° zeigte. Man muss annehmen, dass dem Eise in jeder halben Stunde eben so viel Wärmestoff zugeführt worden sey, als dem Wasser in der andern Kugel, (ja wegen des bleibenden grösseren Unterschiedes der Temperaturen dem erstern eher noch mehr) nähmlich 7°. also in $10\frac{1}{2} = 21$ halben Stunden $21 \times 7 = 147°$. Nun wurde durch diese 147° seine Temperatur nur von 32 auf 40, also um 8° vermehrt: folglich haben sich 139 bis 140° Wärmestoff, (oder eine Menge Wärmestoff, wodurch die Temperatur von derselben Quantität Wasser von + 33° auf 173° F. gebracht worden wäre) mit dem Eise verbunden, ohne weiter auf das Thermometer zu wirken.

2. Um zu beweisen, dass der Wärmestoff nicht anders wohin gekommen sey, sondern sich wirklich mit

dem Eise zu Wasser verbunden habe, stellte Black folgenden Versuch an. Die eine Glaskugel wurde mit Wasser von + 52° F. die andern mit einer Salzlauge von derselben Temperatur gefüllt, und beyde einer Temperatur von + 22° F. (also 10° F. unter dem Eispunkte) ausgesetzt. Beyde verloren allmählig Wärmestoff, bis ihre Temperatur 32° war. Nun fing das Wasser zu gefrieren an, und zugleich hörte das Sinken seiner Temperatur auf, bis es ganz in Eis verwandelt war. Die Salzlauge, welche bey dieser Temperatur noch nicht gefriert, fuhr fort Wärmestoff zu verlieren und dadurch in ihrer Temperatur zu sinken, bis diese der umgebenden gleich, also auch + 22° F. war. Gewiss ist hier auch unter 32° der einen Flüssigkeit wie der andern Wärmestoff entzogen worden; allein der beym Übergange des Wassers in Eis freywerdende Wärmestoff erhielt dessen Temperatur immer auf 32°; die Temperatur der Salzlauge hingegen musste noch weiter sinken, weil bey ihr nicht dieser Übergang, und folglich auch kein Freywerden von Wärmestoff Statt fand.

3. Setzt man Wasser mit einem Thermometer, in einem dünnen Glase, an einem ganz ruhigen Orte einer Kälte von + 22° F. aus, so nimmt es diese Temperatur (10° unter dem Eispunkte) an, ohne zu gefrieren; bewegt man aber jetzt das Glas nur ein wenig, so bildet sich augenblicklich eine Menge Eis und das Thermometer steigt sogleich auf 32° F. Wägt man das Eis, so beträgt es den 14ten Theil der ganzen zum Versuche verwendeten Wassermenge. Durch wiederhohlte Versuche dieser Art findet man, dass sich um jede 10° F., welche das Wasser unter den Eispunkt abgekühlt wird, der 14te Theil desselben in Eis verwandelt. Wenn sich also das Wasser ohne zu gefrieren auf $10 \times 14 = 140°$ unter den Gefrierpunkt abkühlen liesse, so würde bey einer kleinen Erschütterung das ganze Wasser in einen Eisklumpen von der Temperatur des Gefrierpunktes ver-

wandelt und folglich eben so 140° Wärme frey werden, wie sie nach dem ersten Versuche gebunden worden sind.

4. Ein Pfund Schnee von 32° F. mit einem Pfunde Wasser von + 172° F. vermischt, schmilzt augenblicklich und die gemeinschaftliche Temperatur ist + 32° F. Folglich verliert das Wasser 140° Wärme, wodurch die Temperatur des Schnees nicht erhöht, sondern dieser nur geschmolzen wird.

Ich hatte unlängst Gelegenheit, eine Beobachtung über ein sehr auffallendes Freywerden von Wärme beym Übergange des salzsauren Kalk's aus dem flüssigen in den festen Zustand zu machen. Es wurde eine bis zum Krystallisationspunkte abgedampfte Lauge dieses Salzes im Winter vor's Fenster zum Krystallisiren gestellt. Als nach dem völligen Erkalten der Lauge diess nicht vor sich gehen wollte, nahm ich die Abrauchschale herein, um die Lauge weiter abzudampfen. Durch diese Erschütterung fing die ganze Lauge augenblicklich zu krystallisiren an, die Schale wurde aber auch so schnell heiss, dass ich sie kaum so lange halten konnte, um sie auf den nächsten Tisch zu tragen Dabey fing die Lauge sich heftig zu bewegen und zu wallen an, als ob sie im stärksten Sieden begriffen wäre.

274. Aus diesen Versuchen folgt: Wasser von + 32° F. kann nicht eher ganz gefrieren, als bis es so viel Wärme fahren gelassen hat, die seine Temperatur ohne diese Formveränderung um 140° erhoben hätte; und Eis von + 32° F. kann nicht eher ganz schmelzen, als bis es 140° Wärme gebunden hat. Dieser gebundene Wärmestoff, von dem ohne Zweifel auch das Weich- und Dehnbarseyn abhängt, heisst *verborgener, latenter Wärmestoff* oder auch *Wärmestoff der Flüssigkeit*, besser *der Tropfbarkeit*.

275. Es ist durch Versuche bewiesen worden, dass dieses Binden und Entbinden von Wärmestoff auch bey dem Übergange anderer Körper aus dem festen in den tropfbaren, oder aus diesem in jenen Zustand Statt fin-

det. Der Wärmestoff der Flüssigkeit beträgt z. B. beym Wallrathe (sperma ceti) 145°; beym Wachse 175°; beym Zinn 500°. Die meisten Substanzen sind aber in Hinsicht der Quantität ihres gebundenen Wärmestoffs noch nicht untersucht.

276. Bey dem Übergange aus dem festen oder tropfbaren Zustande in den *luftförmigen* oder *elastischflüssigen* unterscheiden sich die Substanzen, welche bey jeder Temperatur verdampfen z. B. Wasser, Weingeist u. dgl. von jenen, die nur bey einer bestimmten Temperatur luftförmig werden, wie z. B. die Schwefelsäure, die fetten Öhle u. a. m. Auch bey den Flüssigkeiten der ersten Art nimmt die Verdampfung mit der Temperatur zu, und geht, wenn die Hitze einen gewissen Grad erreicht, mit der grössten Schnelligkeit vor sich. Da sich hierbey jene Theile, die der Quelle der Wärme (gewöhnlich am Boden des Gefässes) am nächsten sind, auch eher in Dampf verwandeln, und da dieser Dampf gleich einer andern Gasart die übrige Masse der Flüssigkeit durchbrechen muss; so entsteht daraus das Schäumen, Wallen, Blasenwerfen, überhaupt jene Erscheinungen, aus denen wir auf *das Sieden* einer Flüssigkeit schliessen. Die Temperatur, bey welcher diese Phänomene eintreten, heisst der *Siedepunkt* der Flüssigkeit. — Einige feste Körper werden vor dem Verdampfen tropfbar, z. B. Eis, Phosphor u. dgl.; andere gehen aus dem starren Zustande sogleich in den gasförmigen über z. B. Arsenik, Kampher u. dgl. m.

277. Der Siedepunkt tropfbarer Flüssigkeiten ist von dem Grade des Drucks, der auf ihre Oberfläche wirkt, sehr abhängig. Gewöhnlich sind Flüssigkeiten dem Drukke der Atmosphäre ausgesetzt; da dieser nun veränderlich ist, so muss sich auch der Siedepunkt z. B. des Wassers nach dem Barometerstande richten. Wird der Druck der Atmosphäre vermindert, so siedet eine Flüssigkeit auch bey einer niedrigeren Temperatur, als unter dem

gewöhnlichen Luftdrucke. So siedet z. B. auf einem Berge von 837 Klaftern senkrechter Höhe Wasser bey einer Temperatur von + 74° R., in sehr verdünnter Luft unter der Glocke der Luftpumpe bey + 30° R., in der Torricellischen Leere bey + 16° R. Im luftleeren Raume sieden die Flüssigkeiten im Durchschnitte bey einer um 145° F. niedrigern Temperatur, als in freyer Luft beym mittleren Drucke der Atmosphäre. Wird Wasser in verschlossenen Gefässen erhitzt, so vermehrt die Elasticität des neu erzeugten Dampfes den Druck. Daher kann Wasser im *Papinianischen Topfe* ohne zu sieden auf + 163° R. erhizt, und darin also Substanzen z. B. Knochen erweicht oder andere Wirkungen durch dieses heisse Wasser hervorgebracht werden, die man durch noch so langes Sieden mit Wasser in offenen Gefässen nicht erweicht oder hervorgebracht hätte. So verwandelt sich auch in Gefässen mit engen Mündungen erhitztes Wasser später und langsamer in Dampf: eine Erfahrung, gegen welche bey der Construction von Destillirapparaten nicht ungestraft gesündigt wird.

Siedepunkte einiger tropfbaren Substanzen bey 28" $9\frac{1}{3}$''' Barometerstand.

Schwefelalkohol . .	12° R.	Meerwasser	83 R.
Blausäure	21 —	Kochsalzlösung . . .	85 —
Äther	30 —	Salpetersäure . . .	96 —
Ammoniak	48 —	Schwefel	239 —
Alkohol	64 —	Schwefelsäure . . .	248 —
Alaunlösung	79,6 —	Leinöhl	252 —
Wasser	80 —	Quecksilber	282 —
Kuhmilch	80,5 —		

278. Wenn eine Flüssigkeit ein Mahl auf den Siedepunkt erhitzt ist, höret sie auf, ihre Temperatur weiter zu erhöhen und den Wärmestoff zu leiten. Alle ihr noch zugeführte Wärme wird zu ihrer Verwandlung in Dämpfe verwendet, derer Temperatur jedoch jene des siedenden Wassers nicht übersteigt, welche also jenen

Wärmestoff im gebundenen Zustande enthalten müssen. Wasser kann unter den gewöhnlichen Umständen nicht über 212° F. oder 80° R. erhitzt werden. Darauf beruht die Anwendung des Wasser- oder Marienbades. Daher kann ein zinnernes Becken im stärksten Feuer nicht schmelzen, so lange Wasser darin ist. Daher brennt Öhl nie an, wenn es mit etwas Wasser versetzt ist. Ein heftiges Feuer kann wohl machen, dass das Wasser lebhafter siedet, d. h. schneller verdampft, aber dasselbe nicht heisser machen. Wo es also darauf ankommt, gewisse Stoffe durch einige Zeit der Einwirkung von siedendem Wasser auszusetzen, wie es in der Kochkunst meistens der Fall ist, nützet das heftige Wallen nichts, ja schadet vielmehr, indem wegen der durch das schnelle Verdampfen öfters nothwendigen Erneuerung des Wassers, dieses wieder abgekühlt wird. Soll aber eine Flüssigkeit schnell verdampfen, so kommt man durch heftiges Sieden eher zum Ziele.

Der Satz, dass die Geschwindigkeit des Verdampfens mit dem Steigen der Temperatur zunimmt, darf nicht ohne Einschränkung angenommen werden. Wenn man auf einen eisernen, bis 80° R. erwärmten Löffel einen Wassertropfen fallen lässt, so verdampft er in Einer Sekunde: ist der Löffel hingegen weissglühend, so braucht er dazu 35 Sekunden. Zugleich bemerkt man, dass in dem letzten Falle der Tropfen sich mit ausserordentlicher Geschwindigkeit um seine Achse dreht. Wahrscheinlich wird bey dieser grossen Hitze das Wasser zugleich zersetzt.

279. Das in Dampf verwandelte Wasser nimmt als solcher dann wieder jede höhere Temperatur an, und leitet auch die Grade derselben. Wasserdampf dehnt sich durch Erwärmung nach den (§. 44—46) für luftartige Körper gefundenen Gesetzen aus. Ist die Ausdehnung durch äusseren Widerstand gehindert, so äussert sie ihr Bestreben durch Vermehrung des Druckes gegen diesen Widerstand d. h. durch Vermehrung der Elasticität. Diese Elasticität kann endlich bis zu einem Grade von Kraft-

äusserung gesteigert werden, wovon wir sonst wenig Beyspiele in der Natur haben. Viele Naturforscher erklären das Erdbeben aus der Gewalt plötzlich entstandener, unterirdischer Wasserdämpfe. Die schönste Anwendung von der gezähmten Kraft der Wasserdämpfe hat man bey der Einrichtung der *Dampfmaschine* gemacht. Die wesentlichen Bestandtheile einer solchen Maschine sind: der *Dampfkessel*, worin Wasser in Dampf verwandelt wird; dann ein vertikal oder horizontal am oder im Dampfkessel angebrachter hohler *Cylinder*, in welchem sich ein Stempel luftdicht hin und her bewegen kann. Der Cylinder steht mit dem Kessel so in Verbindung, dass man die Dämpfe abwechselnd vor und hinter dem Stempel einlassen kann. Während die Dämpfe z. B. vor dem Stempel eindringen, öffnet sich hinter dem Stempel ein Ventil, welches die daselbst befindlichen Dämpfe in den *Condensator* (Kühlvorrichtung) entweichen lässt, wo sie zu Wasser verdichtet werden und dadurh im Cylinder hinter dem Stempel einen fast luftleeren Raum hinterlassen. Der Stempel wird also von den vorn eindringenden Dämpfen zurückgedrückt. Ist diess geschehen, so öffnet sich das Ventil zum Condensator im vorderen Theile des Cylinders; die Dämpfe verschwinden also vor dem Stempel; zugleich dringen aus dem Kessel in den Cylinder hinter dem Stempel Dämpfe ein und drücken ihn vorwärts. So geht nun die Bewegung des Stempels fort, der sie mittelst einer eisernen Stange einem Schwungrade mittheilt, um sie dann, wie jede andere bewegende Kraft, durch zweckmässige Vorrichtungen weiter zu verwenden. In den älteren Dampfmaschinen wirken die Dämpfe nur von Einer Seite, heben den Stempel in die Höhe; und nachdem durch die Condensation dieser Dämpfe (welche meistens durch Einspritzen von kaltem Wasser in den Cylinder selbst geschah) ein leerer Raum entstanden war, drückte die Atmosphäre dem Stempel wieder hinab.

S. *Gren's* neues Journal der Physik. B. I. *Gilberts* Annalen der Physik B. XVI. XXI XXII. XXIII. Erinnerungen aus *Lichtenbergs* Vorlesungen über die Naturlehre von *Gamauf*. Wien bey Geistinger III. S. 65–82. *Kunze* Schauplatz der gemeinnützigsten Maschinen. Hamburg 1802 III. I. Abth.

280. *Black* wandte seine Lehre vom verborgenen Wärmestoffe auch zur Erklärung des Überganges tropfbarer Körper in luftartige und dieser in jene an, indem er durch folgende mit Wasser angestellte Versuche zeigte, dass bey der Verwandlung tropfbarer oder fester Körper in gasförmige Wärmestoff gebunden und bey dem Zurücktritte luftartiger Körper in den tropfbaren oder festen Zustand diese Menge des gebundenen Wärmestoffs wieder frey wird.

1. Wasser von + 50° F. wurde in einem dünnen, zinnernen Gefässe auf glühendes Eisen gestellt. In vier Minuten stieg seine Temperatur auf + 212° F., also um 162° und es fing zu sieden an. Die Temperatur blieb nun immer 212°, bis das Wasser nach 20 Minuten ganz verdampft war. Da es in den ersten 4 Minuten 162° Wärmestoff erhalten hatte, so musste es in 20 Minuten 5 Mahl so viel, also 810° bekommen haben. Diese wirkten aber nicht auf das Thermometer, denn der Wasserdampf zeigte auch nur + 212° F.; folglich sind sie gebunden worden, um das Wasser in Dampf zu verwandeln.

2. Wasser wurde im Papinischen Topfe auf + 400° F. erhitzt, dann der Deckel geöffnet: es entwich schnell der 5te Theil des Wassers als Dampf, und das Thermometer fiel von 400° auf 212° F. Es sind folglich durch Verdampfen des 5ten Theils 188° Wärmestoff gebunden worden; folglich würde das ganze Wasser 188 × 5 = 940° Wärmestoff gebunden haben, und es wäre das ganze Wasser auf ein Mahl verdampft, wenn seine Temperatur vorher hätte auf 1152° F. (oder nicht ganz 1° Wedgwood) gebracht werden können.

3. In verdünnter Luft, unter der Glocke der Luft-

pumpe, siedet Wasser schon bey der gewöhnlichen Temperatur der Atmosphäre; seine eigene Temperatur wird aber dadurch immer mehr herabgesetzt, und der Dampf hat auch nur die Temperatur des Wassers; folglich ist hier Wärmestoff gebunden worden. Darauf beruht der Franklinsche oder Saussuresche *Wasserhammer*, das sogenannte *Temperamentenglas* u. dgl.

4. Wird Ein Theil Wasserdampf von + 212° F. mit 9 Theilen Wasser von + 62° F. vermischt, so wird jener auf Ein Mahl zu Wasser und die Temperatur der Mischung ist 179°. Es hat also jeder der 9 Theile Wasser 117° Wärmestoff erhalten, welche zusammen 117 × 9 = 1053° F. ausmachen. Der Dampf hat aber nur 33° verloren, folglich müssen von ihm dem Wasser noch über 1000° mitgetheilt worden seyn, die in ihm enthalten waren, ohne seine Temperatur zu erhöhen. — Desswegen wird das Wasser in den Kühlgefässen der Destillirgefässe so heiss. Darauf beruht das Destilliren und das Erhitzen von Flüssigkeiten durch Wasserdampf, wie auch das Heitzen von Sälen und Zimmern durch dieselben, wenn sie mittelst Röhren durch die zu erwärmenden Räume geleitet werden.

Als Mittelzahl aus mehreren Versuchen kann man annehmen, dass Wasser, um in Dampf verwandelt zu werden, 900 bis 950° F. Wärmestoff binden, und dass bey dem Übergange des Dampfes in Wasser eben so viel Wärmestoff frey werden muss. Um Wasser vom Eispunkte (+ 32° F.) zum Siedepunkte zu erhitzen, muss ihm so viel Wärmestoff zugeführt werden, dass seine Temperatur um 180° (also auf 212° F.) steigt; um es nun in Dampf zu verwandeln, muss noch eine Menge Wärmestoff damit verbunden werden, die im Stande gewesen wäre, seine Temperatur um 900 Grade, folglich mehr als 5 Mahl vom Eispunkte zum Siedepunkte zu erheben.

281. Von den Gasarten im strengen Sinne, die ih-

ren elastischflüssigen Zustand durch keine, bisher mögliche Herabsetzung der Temperatur, sondern bloss durch die Verwandtschaft mit andern Stoffen verlieren können, ist es noch nicht ausgemacht, ob bey ihrem Übergange aus einem Zustande in den andern jederzeit Wärmestoff frey oder gebunden werde. Die Erfahrung scheint gegen diese Analogie mit den Dämpfen zu sprechen, weil öfters gerade Wärme bemerkt wird, wenn sich Gasarten entbinden, d. h. aus dem festen oder tropfbaren Zustande in den elastischflüssigen übergehen, z. B. wenn kohlensaurer Kalk durch Salzsäure zerlegt wird: da aber in diesem und in ähnlichen Fällen das Entbinden von Gasarten auch mit andern chemischen Einwirkungen begleitet ist, so kann man aus denselben keine zuverlässigen Schlussfolgen ziehen. Wenn sich salzsaures Gas und Ammoniakgas mit einander zu festem Salmiak verbinden, sollte viel mehr Wärmestoff frey werden, als man dabey bemerkt. Dieselben Bemerkungen gelten auch von dem Übergange aus der festen Form in die flüssige, wenn damit auch andere chemische Processe verbunden sind. Man nennet den gebundenen Wärmestoff der Dämpfe, der durch blosse Herabsetzung der Temperatur von den Grundlagen getrennt werden kann, *adhärirend gebunden*; den gebundenen Wärmestoff der Gasarten aber, der durch keine, bisher bekannte Herabsetzung der Temperatur, sondern nur durch die grössere Verwandtschaft anderer Körper zur Grundlage frey wird, *chemisch gebunden*.

282. Nach *Blacks* scharfsinniger Theorie kann man sich mehrere, mit Wärme oder Kälte vergesellschaftete Erscheinungen erklären. Wenn man ein Schälchen mit Äther unter der Glocke der Luftpumpe in ein anderes grösseres Gefäss mit Wasser setzet, und die Luft auspumpt, so verdampft der Äther schnell und das Wasser gefriert. So kann man Wasser durch seine eigene Verdünstung gefrieren machen, wenn man den entstandenen Wasserdampf von irgend einem, zugleich unter

die Glocke gebrachten Körper z. B. von concentrirter Schwefelsäure, absorbiren lässt, dadurch den leeren Raum immer wieder herstellt, damit die Verdünstung ununterbrochen schnell fortgehen kann. Auf ähnliche Weise hat man durch Verdampfen von Flüssigkeiten im luftleeren Raume sogar Quecksilber gefrieren gemacht. Die reine Blausäure, welche unter dem gewöhnlichen Luftdrucke bey + 20° R. schon siedet, und bey — 12° R. gefrieret, biethet das überraschende Phänomen dar, dass, wenn man sie tropfenweise aus einem Fläschchen fallen lässt, die Hälfte des Tropfens sich schnell verflüchtigt, die andere Hälfte aber als ein kleiner Eiszapfen hängen bleibt. — Im Sommer kann die Hitze in Zimmern durch das Verdünsten von aufgespritztem Wasser erträglich gemacht werden. In Benares, nahe am Äquator, verschaffen sich die Einwohner dadurch Eis, dass sie des Nachts Wasser in flachen Schüsseln der durch die dortigen trockenen Winde sehr beschleunigten freywilligen Verdünstung aussetzen. — Durch Verdünsten des mit der Hizze zunehmenden Schweisses kann der Mensch, in so verschiedenen Temperaturen die seines Körpers immer nahe an + 30° R. erhalten, und dadurch zum Bewohner aller Himmelsstriche werden. Dadurch nur war es den englischen Gelehrten (Fordyce, Banks, Solander, Blagden) möglich, es 8 Minuten lang in einem Zimmer auszuhalten, in welchem das Thermometer über 100° R. stand, in welchem ein Ey in 20 Minuten schon zu stark gebraten war, in welchem Fleisch, auf welches Luft mit einem Blasebalge geblasen wurde, in 30 Minuten gar gebraten wurde. Darauf beruht auch die wohlthätige Eigenschaft der *Alcaraçass* oder *Hydroceramen*, weil überhaupt alles, was Verdünstung veranlasst oder befördert, Kälte erregt.

So wie man in dem oben angeführten Beyspiele durch Verdampfen eines Theils Wassers den andern, wegen der grossen Menge des dabey gebundenen Wärmestoffes, fest werden

sah; so wird in andern Fällen, z. B. beym Übergiessen von lebendigem Kalke mit etwas Wasser, durch das Festwerden eines Theils Wasser und das damit vergesellschaftete Freywerden von Wärmestoff der andere in Dampf verwandelt.

283. Nach *Blacks* Grundsätzen, verbunden mit der Erfahrung, dass bey chemischen Veränderungen der Körper zugleich ihre Capacität für den Wärmestoff sich verändern kann, lassen sich auch die Methoden, künstliche Kälte zu erregen, erklären. Zu diesem Zwecke werden entweder zwey feste, oder ein fester und ein tropfbarer Körper mit einander in Berührung gebracht, die durch ihre Einwirkung auf einander einen flüssigen Körper zu bilden streben. Damit der neu zusammengesetzte Körper flüssig werde, muss er eine gewisse Menge Wärmestoff figiren oder in den latenten Zustand versetzen. Dazu verwendet er nicht nur den Wärmestoff, der vorher seine Temperatur erhöhte, sondern eignet sich denselben auch von seinen Umgebungen zu. Durch diese Beraubung wird die Temperatur der letzteren herabgesetzet. — Zu *kaltmachenden Mischungen* kommen vorzüglich solche feste Körper, die sehr viel Wasser im festen Zustande enthalten, welches bey ihrer wechselseitigen Einwirkung gleichfalls flüssig wird, z. B. krystallisirte Salze, Schnee, Eis. Die grösste Kälte, welche ein Salz durch seine Vermischung mit Schnee und Eis hervorbringen kann, ist diejenige, bey welcher eine gesättigte Auflösung dieses Salzes in Wasser krystallisirt oder gefriert. *Lowitz* hat über Kälte erregende Mischungen die meisten Versuche gemacht, derer Resultate durch *Walker* bestätigt worden sind. Ihnen verdanken wir folgende Tabelle.

Tabelle
von Kälte erregenden Mischungen.

Mischungen.	Das R. Thermometer sinkt. von	auf
5 Th. Salmiak 5 — Salpeter 16 — Wasser	+ 10°	— 10°
5 Th. Salmiak 5 — Salpeter 8 — Glaubersalz 16 — Wasser	+ 10°	— 12½°
1 Th. salpetersaurer Ammoniak 1 — Wasser	+ 10°	— 12½°
1 Th. salpetersaurer Ammoniak 1 — kohlensaures Natron 1 — Wasser	+ 10°	— 11°
3 Th. Glaubersalz 2 — verdünnte Salpetersäure	+ 10°	— 12°
6 Th. Glaubersalz 4 — Salmiak 2 — Salpeter 4 — verdünnte Salpetersäure	+ 10°	— 10°
6 Th. Glaubersalz 5 — salpetersaurer Ammoniak 4 — verdünnte Salpetersäure	+ 10°	— 8°
9 Th. phosphorsaures Natron 4 — verdünnte Salpetersäure	+ 10°	— 9°
9 Th. phosphorsaures Natron 6 — salpetersaurer Ammoniak 4 — verdünnte Salpetersäure	+ 10°	— 5°
8 Th. Glaubersalz 5 — Salzsäure	+ 10°	— 14°
5 Th. Glaubersalz 4 — verdünnte Schwefelsäure	+ 10°	— 13°

Mischungen.	Das R. Thermometer sinkt, von	auf
1 Th. Schnee 1 — Kochsalz	0	— 14°
3 Th. salzsaurer Kalk 2 — Schnee	0	— 36°
4 Th. Kali 3 — Schnee	0	— 37°
1 Th. Schnee 1 — verdünnte Schwefelsäure	— 5°	— 41°
2 Th. Schnee oder gestossenes Eis 1 — Kochsalz	— 14°	— 17°
1 Th. Schnee 1 — verdünnte Salpetersäure	— 14°	— 35°
2 Th. salzsaurer Kalk 1 — Schnee	— 14°	— 44°
1 Th. Schnee 5 — Kochsalz 5 — salzsaurer Ammoniak und Salpeter	— 16°	— 22°
2 Th. Schnee 1 — verdünnte Schwefelsäure 1 — — — — Salpetersäure	— 19°	— 40°
12 Th. Schnee 5 — Kochsalz 5 — Salpetersaurer Ammoniak	— 22°	— 25°
3 Th. salzsaurer Kalk 1 — Schnee	— 32°	— 47°
10 Th. verdünnte Schwefelsäure 8 — Schnee	— 44°	— 55°

284. Um beträchtliche Grade von Kälte zu erregen, müssen die Salze frisch krystallisirt, kurz vor der Anwendung gepulvert, wo möglich selbst schon kalt seyn und sehr schnell gemengt werden. Die Gefässe, worin

die Vermengung geschieht, müssen gleichfalls schon abgekühlt, dann sehr dünn und nur so gross seyn, um das Gemenge bequem zu fassen. Auch müssen die Ingredienzien in einem solchen Verhältnisse genommen werden, dass bey der hervorzubringenden Temperatur die Salze mit dem entstandenen Wasser gerade gesättigt werden. Ein Überschuss von Eis oder Salz, der nicht in die Verbindung eingeht, wird nicht flüssig und gibt etwas Wärmestoff her, wodurch die sonst hervorgebrachte Kälte vermindert wird. So darf man z. B. auf 2 Theil Kochsalz höchstens $5\frac{1}{2}$ Theil Schnee nehmen.

285. Da die zusammengesetzten Körper meistens ganz andere Verwandtschaftskräfte äussern als ihre Bestandtheile: so muss auch der Wärmestoff durch seine Verbindung mit ponderablen Substanzen ihre Verwandtschaftsäusserungen verändern können. Da übrigens die chemische Verwandtschaft nur in so fern Verbindungen zu bewirken und zu erhalten vermag, als sie die Cohäsions- und Expansivkräfte der einzelnen Bestandtheile überwältigen kann, und folglich in ihren Wirkungen von dem Verhältnisse dieser zwey Kräfte abhängig ist: so muss der Wärmestoff, welcher die Expansivkraft vermehrt und die Cohäsionskraft vermindert, auch auf die Erfolge der chemischen Verwandtschaft und daher auf die Zusammensetzungen der Körper einen grossen Einfluss behaupten, indem er neue Verbindungen bald befördert, bald hindert, und indem er schon bestehende Verbindungen entweder noch inniger macht (befestigt) oder sie aufhebt. Daher wenden die Chemisten den Wärmestoff als ein Mittel an, Körper sowohl zu verbinden als zu zerlegen.

Da keine chemische Verbindung erfolgt, wenn nicht wenigstens einer der zu verbindenden Körper sich im flüssigen Zustande befindet, dieser aber eine Wirkung des Wärmestoffes ist: so ist eigentlich keine chemische Verbindung ohne Wärmestoff möglich. — Da das Leben der organischen Wesen

in einem durch höheren Einfluss modificirten Spiele der chemischen Verwandtschaften besteht: so wäre ohne Wärmestoff die ganze Natur eine erstarrte, todte Masse, wozu wir sie an den Polen unserer Erde sich nähern sehen.

286. Da wo die Cohäsionskraft der Verbindung entgegen wirkt, wie diess bey starren Körpern der Fall ist, wird Erwärmung ein Beförderungsmittel der chemischen Verbindung. So ist Erhöhung der Temperatur nothwendig, um Verbindungen zwischen mehreren Metallen, zwischen Erden und Alkalien u. dgl. m. zu bewerkstelligen. Auch zwischen tropfbaren und festen Körpern wird der Verwandtschaftserfolg durch Erwärmung meistens noch begünstigt, z. B. die Auflösung von Metallen und Erden in Säuren, von Salzen in Wasser. Durch Abkühlen werden solche Verbindungen öfters zum Theil wieder aufgehoben, wie wir diess beym Erkalten gesättigter heisser Salzlaugen bemerken. Mässige Grade von Wärme befördern auch noch die Verbindung zwischen festen und gasförmigen Stoffen, wovon die Oxydation des Quecksilbers und mehrerer anderer Metalle ein Beyspiel liefert; hohe Grade von Hitze sind ihr entgegen. Die Verbindung gasartiger Substanzen mit tropfbaren wird durch Erwärmung meistens verhindert oder aufgehoben, z. B. die Verbindung der Kohlensäure und anderer gasförmiger Säuren mit Wasser. Warum die Verbindung gasförmiger Stoffe unter einander z. B. des Oxygens mit dem Hydrogen im gasförmigen Zustande nur bey Erhitzung Statt findet, ist nicht so leicht zu erklären.

287. Weil der Wärmestoff die Expansivkraft vermehrt; so muss er die Verbindung dort verhindern, wo diese Kraft durch die Verwandtschaft überwunden werden soll, und schon bestehende Verbindungen dadurch trennen, dass er die Intensität der Expansivkraft einzelner Bestandtheile über ihre Verwandtschaft erhebt, welches vorzüglich dann geschieht, wann die Expansivkraft Eines Bestandtheils in einem grösseren Verhältnisse

vermehrt wird, als die der übrigen Bestandtheile. In diesem Falle wird der gedachte Bestandtheil durch Flüssigwerden oder durch Verflüchtigung sich von den übrigen trennen. So wird Bley von Kupfer, Alkohol von Wasser, Wasser von Schwefelsäure und diese von Eisen getrennt. Auf diese Weise geschieht es, dass durch Erhitzung einige Körper gänzlich in ihre Bestandtheile zerlegt werden z. B. Ammoniakgas beym Durchleiten durch glühende Röhren in Stickgas und Hydrogengas; die Bestandtheile anderer Körper aber gezwungen werden, sich in einem andern Verhältnisse zu verbinden: so wird Alkohol, wenn seine Dämpfe mit glühenden Körpern in Berührung gesetzt werden, in gekohltes Hydrogengas, in Kohle und Wasser zerlegt. Auf jene Verbindungen, welche durch Verbrennen gebildet worden sind, hat der Wärmestoff für sich allein wenig Wirkung: so halten Wasser, Schwefelsäure, Kohlensäure u. a. m. die höchsten Temperaturen ohne Zerlegung aus. Jene Körper aber, von denen der Sauerstoff einen Bestandtheil ausmacht, ohne das er sich durch Verbrennen mit ihnen verbunden hat, z. B. Salpetersäure, Metalloxyde u. a. m. werden durch den Wärmestoff zerlegt. Alle Körper, welche brennbare Stoffe (Metalle ausgenommen) oder noch mehr diejenigen, welche brennbare Stoffe mit Sauerstoff zugleich als Bestandtheile enthalten, wie diess z. B. bey den meisten thierischen und vegetabilischen Körpern der Fall ist, werden durch Hitze sehr leicht zerlegt.

Nicht durch Erhitzung und Verdampfung allein erfolgen Zersetzungen, sondern auch durch Abkühlen und Gefrieren. Auf diese Weise trennen wir Alkohol und Essigsäure vom Wasser, mehrere Salze durch Krystallisation u. dgl. m.

Quellen der Wärme.

288. Die vorzüglichsten Quellen der Wärme sind die *Sonne*, der *Stoss*, die *Reibung*, die *Elektrizität* und die *chemische Einwirkung der Stoffe* auf einander.

289. Es ist oben (§. 204) gezeigt worden, dass mit dem *Sonnenlichte* nebst leuchtenden und desoxydirenden auch wärmende Strahlen auf unsere Erde gelangen. Woher es kommt, dass uns die Sonne immer fort Wärme zusendet, wissen wir eben so wenig, als wir die Ursache kennen, wesswegen sie beständig Licht ausströmet. Nach *Herschel* ist die äussere Region der den dunklen Kern der Sonne umgebenden Wolken der Ort, wo der Licht- und Wärmeerzeugungs- und Verschickungsprocess vorgehe. Da diese Wolkenschichte zu verschiedenen Zeiten mancherley Veränderungen unterworfen sey, so scheine die Sonne in manchen Jahren heller und wärmer als in andern. Das beständige Ausströmen von Licht und Wärme aus der Sonne ohne eine bemerkbare Abnahme ihrer Masse hat man immer als einen Haupteinwurf gegen das Emanationssystem angeführt, den aber die Newtonianer durch eine Menge von Hypothesen, gegen die sich nicht viel einwenden lässt, entkräftet haben. — Da aus der Sonne bloss strahlender Wärmestoff kommen kann, so müssen durch das Sonnenlicht undurchsichtige, dunkelgefärbte und rauhe Körper mehr erwärmt werden, als durchsichtige, hellfärbige und polirte, indem jene einen grösseren Theil der Wärmestrahlen absorbiren, diese hingegen durchlassen oder zurückwerfen. (§. 261) Die Wärme, welche durch direkte Sonnenstrahlen unter den gewöhnlichen Umständen hervorgebracht wird, übersteigt nie + 50° R., weil die dem unmittelbaren Sonnenlichte ausgesetzten Körper, von Leitern umgeben, die in ihnen erzeugte Wärme gleich weiter vertheilen. In Gewächshäusern, wo dieses Fortleiten des Wärmestoffes mehr Hindernisse findet, steiget die durch Sonnenschein hervorgebrachte Temperatur schon viel höher. *Saussure* brachte in einer hölzernen Büchse, die inwendig mit oberflächlich verkohltem Korke ausgefüttert und mit einer dünnen Glasplatte, durch die das Sonnenlicht einfiel, bedeckt war, eine Hitze von + 87° R.

hervor, während die Temperatur der Atmosphäre nur + 20° R. war. *Prof. Robinson* brachte in einer ähnlichen Vorrichtung eine Temperatur von + 91° R. zu wege. — Wenn man die Sonnenstrahlen durch Brenngläser oder Hohlspiegel verdichtet, so kann man, wenn der Brennpunkt auf einen undurchsichtigen und auch sonst gern Wärmestoff absorbirenden Körper fällt, Temperaturen hervorbringen, welche die durch das am sorgfältigsten geleitete Feuer in dem besten Ofen hervorgebrachten bey weiten übertreffen. So wurden in London mit Parkers grossem Brennglase, von 3 Fuss im Durchmesser und beynahe 7 Fuss Brennweite, Platin, Nickel, reines Eisen, Smaragd, Karniol, Asbest und noch andere von den strengflüssigsten Substanzen geschmolzen.

Durch die Sonnenstrahlen allein erhält die Erde einen wirklichen Zuwachs an Wärmestoff, denn durch die andern Mittel Wärme hervorzubringen, wird der auf der Erde schon vorhandene oder gebundene Wärmestoff bloss in Freyheit gesetzet.

290. Dass durch den *Stoss* zweyer fester Körper aneinander Wärmestoff entwickelt wird, ist eine sehr gemeine Erfahrung. Eine Eisenstange kann durch blosse Hammerschläge zum Glühen gebracht werden. Durch das Aneinanderschlagen von harten Steinen und gehärtetem Stahle werden die abgeschlagenen Stückchen Stahl bis zum Glühen erhitzt und dadurch fähig, leicht feuerfangende Stoffe (Zunder) zu entzünden. Diess ist die Theorie des gewöhnlichen Feuerschlagens. Die Ursache der Wärmeentwicklung durch Stoss scheint in der vorübergehenden oder bleibenden Verdichtung zu liegen, die der gestossene Körper erleidet. Dass eine solche Verdichtung statt findet, sehen wir aus der Zunahme des specifischen Gewichts der gestossenen oder geschlagenen Körper. Eisen hat nach dem Hämmern ein grösseres specifisches Gewicht als vor demselben. Das specifische Gewicht des nicht gehämmerten Platin beträgt 19,500,

des gehämmerten 22,000. Sobald ein Körper durch Hämmern oder Stossen z. B. beym Prägen nicht weiter verdichtet werden kann, entwickelt sich auch kein Wärmestoff mehr aus ihm. — Weil tropfbare Körper sich nur äusserst schwer und wenig verdichten lassen, so lässt sich auch durch Stossen und Schlagen ihre Temperatur nicht erhöhen. Bey luftförmigen Körpern kann die Verdichtung und damit auch die Temperaturserhöhung wieder statt finden, wie diess die *pneumatischen Feuerzeuge* (d. h. hohle Cylinder mit einem luftdichtpassenden Stempel, durch dessen schnelles Hineinstossen und das dadurch bewirkte Zusammenpressen der eingeschlossenen Luft, der an ihm befestigte Zunderschwamm Feuer fängt), und die Entzündung des Öhls beym Pumpen der Windbüchsenflaschen auffallend beweisen. — So wie bey der Verdichtung luftförmiger Körper Wärme entstehet, so erscheint bey ihrer schnellen Verdünnung Kälte. Während des Auspumpens der Luft aus einer Glocke fällt das darin befindliche Thermometer um mehrere Grade. Bey dem schnellen Entladen einer Windbüchsenflache entsteht häufig Eis an der Mündung. Dieselbe Erscheinung hat man zuerst an der Hellischen Wasserhebmaschine in Schemnitz bemerkt. — Da, wie gezeigt worden ist, Entziehen von Wärmestoff die Körper verdichtet, so muss ein gezwungenes Verdichten der Körper ihnen auch Wärmestoff entziehen, also in Freyheit setzen. Desswegen ist der specifische Wärmestoff gehämmerter Metalle geringer als der nicht gehämmerten. Aus Mangel an diesem Wärmestoffe werden die Metalle durch Hämmern spröde, und durch Ersetzen dieses Mangels z. B. durch Ausglühen wieder dehnbar. Wenn die von einem brennbaren Körper abgeschlagenen Theile durch den freygewordenen Wärmestoff sich entzünden, wie diess mit den beym Feuerschlagen abgeschlagenen Stahlstückchen der Fall zu seyn scheint, so wird ihr Verbrennen zu einer

neuen Quelle von Wärmestoff. Beym Aneinanderschlagen zweyer Kieselsteine, also unverbrennlicher Körper, entstehen auch Funken, und die auf einem Bogen weissen Papier aufgefangenen Quarzstückchen erscheinen schwarz beschlagen. Man hält dafür, die heissen Quarzstückchen haben die in der Luft zufällig vorhandenen, fremdartigen, brennbaren Theilchen entzündet, und sich mit dem von denselben zurückgelassenen Russe überzogen (?)

291. So wie durch den Stoss wird auch durch *die Reibung* fester Körper Wärmestoff entbunden. Die gebildeten Europäer schlagen mit leichter Mühe Feuer, der rohe Naturmensch verschafft sich mit grossem Kraftaufwande sein Feuer durch Aneinanderreiben zweyer Stücke Holz. Durch Reiben entzünden sich manchmahl die nicht geschmierten Wagenachsen; die Zapfen der Maschinenräder werden dadurch heiss. Im Winter erwärmen wir durch Reiben die erstarrten Hände. — Durch wechselseitige Reibung tropfbarer und gasförmiger Körper hat man noch keine Entwicklung von Wärmestoff bemerkt; ja nicht ein Mahl durch Reibung flüssiger Körper an festen. — Diejenigen, welche Reiben für ein fortgesetztes Stossen hielten, erklärten das Freywerden, so wie bey diesem, durch eine Verdichtung der geriebenen Körper. Allein nach *Rumford's* Versuchen entwickelt sich durch Reibung Wärmestoff, ohne dass die geriebenen Körper oder ihre abgeriebenen Theile eine Verdichtung, oder eine Veränderung in ihrer Wärmecapacität, oder auch irgend eine Art von Verbrennung erlitten hatten. Rumford liess am Boden der Höhlung eines Cylinders von Kanonenmetall einen stumpfen Bohrer mit einem Drucke von 10000 Pfund sich so schnell reiben, dass er in einer Minute 32 Umdrehungen machte. In 30 Minuten stieg die Temperatur des Metalls von + 60° F. auf + 130° F. also um 70°, und doch hatten sich nur 837 Gran Metall ($\frac{1}{948}$ der ganzen Masse) abgerieben.

Wenn die beschriebene Reibung verrichtet wurde, während der Metallcylinder in einer mit Wasser gefüllten Büchse eingeschlossen war, wurden 19 Pfund Wasser von + 60° F. in $2\frac{1}{2}$ Stunde siedend, welches 7 brennende Wachskerzen in dieser Zeit kaum zu bewirken im Stande gewesen wären. Die Späne und der Metallcylinder hatten nach dem Reiben dasselbe specifische Gewicht und denselben specifischen Wärmestoff. — Beym Stossen und Schlagen hat die Entwicklung von Wärmestoff ein Ende, wenn sich der Körper nicht weiter verdichten lässt; die Wärmestoffentbindung durch Reiben hat aber gar keine Gränzen, sondern dauert immer im gleichen Verhältnisse fort, so lange das Reiben anhält. — Die Entstehung von Wärme durch Reibung und besonders der zuletzt angeführte Umstand dabey ist mit der Annahme eines Wärmestoffs nicht vereinbar, indem jeder Körper eine unerschöpfliche oder unendliche Menge desselben enthalten müsste.

292. Von der *Elektrizität* als Quelle der Wärme wird im nächsten Abschnitte gehandelt werden.

293. Eine ungemein reichhaltige Quelle von freyem Wärmestoffe ist die *chemische Einwirkung* der verschiedenartigen Stoffe auf einander. Nach den früher aufgestellten Grundsätzen können chemisch zusammengesetzte Körper in ihren Eigenschaften ganz verschieden von ihren einzelnen Bestandtheilen seyn; sie können folglich auch ganz verschiedene Verwandtschaftskräfte haben. Von der Verwandtschaft der Körper zum Wärmestoff hängt ihre Wärmecapacität ab, folglich muss mit der erstern auch immer die letztere verändert werden. Chemisch zusammengesetzte Körper haben daher meistens eine grössere oder geringere Capacität für den Wärmestoff als die Rechnung nach den bekannten Capacitäten der einzelnen Bestandtheile angibt. Die Erfahrung lehret, dass in allen Fällen, wo die Stoffe durch Verbindung sich verdichten, die Wärmecapacität vermindert,

im entgegengesetzten Falle aber vermehrt wird. Wenn bey der Zusammensetzung mehrerer Stoffe die Wärmecapacität vergrössert wird, so reicht der in den einzelnen Bestandtheilen vorhandene Wärmestoff nicht hin, ihr Compositum auf derselben Temperatur zu erhalten; es entsteht also Kälte, wie diess bey den angegebenen Methoden, künstliche Kälte zu erregen der Fall war. Wird bey der chemischen Einwirkung der Körper auf einander die Wärmecapacität vermindert, so ist der Wärmestoff der unverbundenen Körper im Stande, nach ihrer Verbindung ihre Temperatur höher zu heben: es entsteht also bey einer mit Verdichtung verbundenen chemischen Einwirkung mehrerer Stoffe Wärme, so wie bey der Verdichtung eines einzelnen Stoffes durch mechanische Mittel. — Alkohol und Wasser, Schwefelsäure und Wasser, Schwefelsäure und Kali, Alkohol und Schwefelsäure oder Salpetersäure, Schwefelsäure und Kalk, Ammoniakgas und Wasser, gebrannte Bittererde oder lebendiger Kalk und Wasser, Chlorine und Wasser u. a. m. verdichten sich bey ihrer Verbindung und bringen dabey höhere Grade von Wärme hervor. Es gibt kaum zwey Stoffe, welche sich mit ganz unveränderter Wärmecapacität verbinden, daher auch bey chemischen Verbindungen die Temperatur selten unverändert bleibt, wenn diese Veränderung wegen der zu langsamen Einwirkung auch unmerklich wird. Die Wärme, welche wir bey allen drey Arten von Gährung wahrnehmen, entspringt aus dieser Quelle.

Man bemerkt, dass dort, wo bey der chemischen Einwirkung der Stoffe grosse Temperatursveränderungen Statt haben, meistens Wasser mit im Spiele ist. Ja in manchen Fällen entsteht sogar entweder Kälte oder Wärme, je nachdem Wasser vorhanden oder nicht vorhanden ist: so bringen z. B. krystallisirtes Kali, schwefelsaures Natron oder salzsaurer Kalk mit Wasser, mit Eis und Schnee Kälte, dieselben Salze aber im Feuer scharf getrocknet, ebenfalls mit Wasser, Eis und Schnee Wärme hervor.

294. Zwey Arten von chemischer Einwirkung, die mit Entwicklung einer bedeutenden Menge von Wärmestoff verbunden sind, der *Verbrennungs*- und *Lebensprocess* verdienen eine nähere Betrachtung.

295. Unter *Verbrennen* (dessen Anfang oder Einleitung *Entzündung* heisst) verstehen wir die gänzliche Veränderung der chemischen Natur eines Körpers, begleitet von einer beträchtlichen Wärme- und Lichtausscheidung. Jede genügende Theorie des Verbrennens muss also erklären, woher die Veränderung des Körpers und woher das Freywerden von Wärme und Lichtstoff kommt. Wie wichtig diese Theorie ist, erhellet daraus, weil auf eine Veränderung in derselben immer eine gänzliche Revolution des chemischen Lehrgebäudes folgte. *Stahl* nahm bloss zur Erklärung des Verbrennens einen eigenen Stoff unter dem Nahmen *Phlogiston* an. Alle brennbaren Körper enthalten, nach Stahl, diesen Stoff, er entweichet bey dem Verbrennen aus ihnen und bringet durch eine eigene Bewegung während dieses Entweichens die Phänomene der Wärme und des Lichts hervor. — Ausserdem, dass nach dieser Theorie, Wärme und Licht bloss Erfolge der Bewegung eines unbekannten Etwas seyn sollen, lässt sich darnach nicht erklären, warum zum Verbrennen der Zutritt der atmosphärischen Luft oder des Lebensgas, oder die Berührung eines oxygenhaltigen Körpers nothwendig sey, und warum, da das Verbrennen in dem Verluste eines Bestandtheils, des Phlogistons, besteht, die aus dem brennbaren Körper nach dem Verbrennen erhaltenen Produkte z. B. die Phosphorsäure mehr wägen, als der ganze Körper, der Phosphor, vor dem Verbrennen gewogen hatte. Da übrigens das Phlogiston bloss angenommen war, weil man ohne dasselbe das Verbrennen gar nicht erklären zu können meinte; so fiel jeder Grund zu dessen weiteren Beybehaltung weg, wenn man diese Naturerscheinung aus den

Eigenschaften und der Wirkungsart anderer schon bekannter Stoffe erklärte.

296. Die Beobachtung, dass zu den meisten Verbrennungsprozessen der Zutritt der Atmosphäre nothwendig ist; dass das Verbrennen desto vollkommener vor sich gehet, je mehr dieser Zutritt und die Erneuerung der atmosphärischen Luft durch einen Luftzug begünstigt wird; dass in einer bestimmten, abgeschlossenen Menge Luft nur eine eben so bestimmte Menge des brennbaren Körpers verbrennen kann, und die übrige Luft ganz verändert, zur ferneren Unterhaltung des Verbrennens und zum Athemhohlen ganz untauglich zurückbleibet, brachte schon die alten Naturforscher *Hoocke* und *Majow* auf eine viel consequentere, auf die Wechselwirkung zwischen der Luft und dem brennbaren Körper gestützte Theorie des Verbrennens. Als man später gelernt hatte Gasarten zu behandeln und zu unterscheiden, konnte man untersuchen, worin die Veränderungen eigentlich bestehen, welche die Luft durch das Verbrennen erleidet. Von nun an häuften sich die Thatsachen so sehr, dass man es nur aus der Eingenommenheit der Naturforscher jener Zeit für das Phlogiston erklären kann, dass sie diesen selbstgemachten Götzen nicht früher aufgaben. Es blieb *Lavoisier* vorbehalten durch Benützung der Arbeiten seiner scharfsinnigsten Vorgänger und Zeitgenossen, dann durch das wichtige eigene Verdienst, Mass und Gewicht bey seinen Versuchen zu berücksichtigen, eine Erklärung des Verbrennens zu geben, wozu er keinen besonderen Stoff zu erdichten brauchte. Nach Lavoisier's Theorie zerfallen alle Naturkörper in Hinsicht auf das Verbrennen in zwey Hauptklassen: in solche, welche im Stande sind das Verbrennen zu erleiden, welche er *brennbare Körper (Brennkörper* oder *Brennstoffe)* nannte, und in solche, welche diese brennbaren Körper verbrennen machen können, welche er *feuernährende Stoffe* hiess, und

die wir kürzer durch *Zündstoffe* bezeichnen wollen. Die Eigenschaft der letzteren legte er bloss allein dem *Sauerstoffe* in seinen Verbindungen mit Wärmestoff, wie er sich z. B. in der Lebensluft befindet, bey. Alle Körper, die sich mit Sauerstoff verbinden können, rechnete er zu den brennbaren. — Das Verbrennen selbst, wozu nebst dem brennbaren Körper immer Sauerstoff in Verbindung mit Wärmestoff gehöret, geschieht nach Lavoisier durch die einfache Wahlverwandtschaft. Der brennbare Körper hat nähmlich bey einer gewissen, meistens erhöhten Temperatur eine nähere Verwandtschaft zum Sauerstoff, als dieser zum Wärmestoffe; es verbindet sich also der Sauerstoff mit dem brennbaren Körper, verändert dadurch seine Eigenschaften, vermehrt sein Gewicht, und lässt den vorher mit ihm (dem Sauerstoffe) verbundenen Wärmestoff fahren. Den Lichtstoff sah Lavoisier als eine Nebensache an, der zugleich mit dem Wärmestoffe aus der Lebensluft frey wird.

297. Diese Theorie erkläret sehr genügend die gänzliche Veränderung in der Natur des brennbaren Körpers, indem derselbe eine chemische Verbindung mit dem Sauerstoffe eingeht und dadurch ganz andere Eigenschaften erhalten kann. Lavoisier zeigt auch, dass das Produkt des Verbrennens, z. B. die Kohlensäure immer so viel wägt, als die verbrauchte Lebensluft und der verbrannte Körper (die Kohle) zusammen gewogen hatten. In manchen Fällen lässt sich der Sauerstoff wieder von dem verbrannten Körper trennen, und dieser sich in seiner vorigen Gestalt, jener aber als Lebensluft mit unverändertem Totalgewichte darstellen. — Allein das Freywerden von Wärme und Licht, welches Lavoisier in seiner Theorie zu wenig beachtete, und der Umstand, dass Erhöhung der Temperatur zur Entzündung nothwendig ist, finden darin keine so befriedigende Erklärung. Diese Theorie musste daher auch einige Modificationen erleiden, um allen Fällen anzupassen. Nach *Brugnatelli*

kann sich der Sauerstoff auf zweyerley Art mit andern Stoffen verbinden: entweder ohne Wärmestoff, dann sey die Verbindung zugleich eine Verbrennung, oder mit seinem Wärmestoffe, dann gehe die Verbindung ohne die Verbrennungsphänomene vor sich. Auf die letzte Art verbindet sich der Sauerstoff z. B. mit dem Stickstoffe zu Salpetersäure. Brugnatelli nennet den Sauerstoff in einer solchen Verbindung *Thermoxygen* (Wärmesauerstoff). Wird zu solchen Verbindungen, die den Sauerstoff als Thermoxygen enthalten, ein anderer brennbarer Körper unter Umständen gebracht, wo dieser zum Sauerstoffe eine nähere Verwandtschaft hat, ohne desswegen den Sauerstoff sammt seinem Wärmestoffe aufnehmen zu können; so entsteht ein neues Verbrennen, indem sich der Sauerstoff mit dem neuzugesetzten brennbaren Körper verbindet und seinen Wärmestoff in Freyheit setzt. Auf diese Weise geschieht das Verbrennen (Verpuffen) durch Salpeter u. dgl.

298. Brugnatelli lässt es unerkläret, warum der Sauerstoff einige Verbindungen mit seinem Wärmestoffe eingehe, andere aber nur ohne diese Begleitung eingehen könne. Andere suchen dieses durch die Annahme zu erklären, dass, so wie der Sauerstoff in dem zum Verbrennen tauglichen Zustande immer mit Wärmestoff vereinigt sey, der brennbare Körper sich in Verbindung mit Lichtstoff befinde. Das Verbrennen geschehe durch doppelte Wahlverwandtschaft. Der Sauerstoff verbinde sich mit der Grundlage des brennbaren Körpers, der Wärmestoff des ersteren aber mit dem Lichtstoffe des letzteren zu Feuer. Wenn ein brennbarer Körper keinen Lichtstoff enthält, wie z. B. das Azot, so verbinde sich der Sauerstoff sammt seinem Wärmestoffe. Aus dieser Annahme lasse sich auch leicht begreifen, warum Erhöhung der Temperatur zur Entzündung nothwendig sey, indem dadurch die Verwandtschaft des Lichtstoffs zum brennbaren Körper geschwächt, damit also die Sum-

me der ruhenden Verwandtschaften geringer werde, und die trennenden Verwandtschaften leichter das Übergewicht bekommen können. Auch erhelle daraus, warum durch Erwärmung die Verbindung der lichtstofflosen Körper z. B. des Stickstoffs, mit dem Sauerstoffe nicht befördert wird.

Diejenigen, welche den beym Verbrennen freywerdenden Lichtstoff lieber in dem brennbaren Körper als in der Lebensluft suchen, haben mehrere Gründe für sich. Erstens richtet sich sowohl die Qualität als die Quantität des Lichtes nach dem brennbaren Körper und nicht nach der Lebensluft. Es ist bekannt, dass verschiedene Körper auch mit einem verschieden gefärbten Feuer verbrennen. Wenn gleiche Quantitäten von Lebensluft durch Phosphor und durch Hydrogen zersetzt werden, so wird bey der Zersetzung durch den ersteren doch bey weiten mehr Licht erscheinen, als bey der Zersetzung durch das letztere. Nur Pflanzen, welche am Lichte gewachsen sind, sich also mit Lichtstoff verbinden konnten, verbrennen mit lebhaftem Feuer; im Finstern gezogene Pflanzen, die sich schon durch ein ganz fremdes, schwammiges Aussehen unterscheiden, glimmen nur. Dass die brennbaren Körper eine grosse Verwandtschaft zum Lichtstoffe haben, erhellet auch aus ihrer Fähigkeit, die Lichtstrahlen in einem grösseren Verhältnisse zu brechen, als alle übrigen Naturkörper. Vermög dieser grossen Verwandtschaft werden sie sich auch mit dem Lichte zu verbinden trachten, wo sie nur können, und daher meistens eine grosse Menge desselben gebunden enthalten.

299. In den neueren Zeiten hat man gefunden, dass nebst dem Sauerstoffe noch mehrere andere Substanzen das Verbrennen zu unterhalten tauglich oder Zündkörper sind. Dahin gehöret z. B. die Chlorine, Jodine, der Schwefel u. a. m. Es dürfte die dem sonstigen Gange der Natur am meisten entsprechende Ansicht vom Verbrennungsprocesse gewähren, wenn man die Eintheilung der Körper in die zwey getrennten Klassen der *Zünd-* und *Brennkörper* ganz aufgäbe und sich alle einfachen Stoffe in Eine Reihe vom Sauerstoff, dem vorzüg-

lichsten Zündkörper, bis zum Hydrogen, welches die Eigenschaft der Brennbarkeit im höchsten Grade besitzt, geordnet dächte, und sich dann weiter vorstellte, jeder vordere, dem Sauerstoffe näher liegende Stoff, sey für jeden folgenden, dem Hydrogen näher gereihten Stoff ein Zündkörper, und jeder weiter rückwärts gegen das Hydrogen zu geordnete Stoff sey für jeden vorderen ein Brennkörper. Auf diese Weise lässt es sich erklären, wie ein und derselbe Stoff mit diesem als Zündkörper, mit jenem als Brennkörper erscheinen kann. So ist z. B. der Schwefel zum Oxygen ein Brennkörper, zum Hydrogen ein Zündkörper; so ist die Chlorine zum Oxygen ein Brennkörper zu allen übrigen Stoffen ein Zündkörper u. s. f. Wenn die Verbindung mehrerer Stoffe mit Entwicklung von Licht und Wärme verbunden seyn soll, so muss sie mit einer grösseren Intensität vor sich gehen, welches nur dann der Fall ist, wenn die zu verbindenden Körper in jener Reihe etwas weiter von einander abstehen. Welcher Körper bey diesem Processe dann den Lichtstoff, welcher den Wärmestoff liefert, wenn man diese Stoffe zur Erklärung des Feuers annehmen will, bleibt dahin gestellt. Übrigens ist beym Verbrennen der Zündkörper und der Brennkörper gleich thätig; diese Nahmen könnten daher auch, ohne den geringsten Nachtheil für die Sache selbst, verwechselt werden. Irrig wäre es hingegen, wenn man sich den einen Körper als thätig, der verbrennt, den andern als leidend, der sich verbrennen lässt, vorstellen wollte. Die Einwirkung ist wechselseitig und gleich.

300. Einige Körper glühen bloss, indem sie verbrennen, wie z. B. gut ausgebrannte Holzkohlen; andere verbrennen mit *Flamme*. Bey näherer Untersuchung findet man, dass nur solche Körper mit Flamme verbrennen, die entweder gasförmig, wie das Hydrogengas, oder in der Hitze ganz flüchtig, wie z. B. der Alkohol und der Äther sind, oder die einen oder einige flüchtige,

brennbare Bestandtheile enthalten, wie die fetten Öhle, Wachs, Harz, Holz u. a. m. Die Flamme ist also eine im Verbrennungsprocesse begriffene luftartige Substanz. Die Gestalt der Flamme hängt zum Theil von dem Grade der Flüchtigkeit der verbrennenden Substanzen, und von der Beschaffenheit des Mediums, in welchem das Verbrennen vor sich geht, ab. Die Farbe derselben, z. B. die grüne der geistigen Auflösung von Boraxsäure, die rothe von einer ähnlichen Auflösung des salzsauren Strontians, erkläret man aus mitfortgerissenen, unverbrennlichen Theilen des brennbaren Körpers; sie ist aber auch von der Intensität der Hitze, bey welcher das Verbrennen geschieht, abhängig. So verbrennt Schwefel bey mässiger Hitze mit einer blauen, bey starker Hitze und gutem Luftzuge mit einer weissen Flamme. In reiner Lebensluft verbrennen einige Körper mit Flamme, die in atmosphärischer Luft bloss glimmen; dahin gehört z. B. der Zunderschwamm. Körper, die gar keine flüchtigen Bestandtheile enthalten, wie z. B. reiner Kohlenstoff, Eisen u. dgl. verbrennen in reiner Lebensluft wohl mit einem lebhaften Funkensprühen und einem glänzenderem Lichte, jedoch ohne eigentliche Flamme.

301. Die Temperaturserhöhung, welche bey der chemischen Einwirkung mancher Substanzen auf einander entsteht, ist öfters so bedeutend, dass eine Entzündung erfolgt, wenn eine derselben brennbar ist; noch leichter und heftiger aber, wenn die andere zugleich feuernährend ist. Diess ist der Fall bey der Vermischung von rother, rauchender Salpetersäure mit schweren ätherischen Öhlen, der concentrirten Schwefelsäure auf ein Gemenge von Kalieuchlorid und Schwefel. Andere Substanzen wirken langsamer auf einander ein, und steigern ihre Temperatur nur nach und nach bis zur Entzündung. Hierher gehören die sogenannten künstlichen Vulkane, die durch ein in feuchte Erde vergrabenes Gemenge von Eisenfeile und Schwefel als Kinder-

spiele nachgeahmt werden, Kienruss, Öhl und Hanf u. a. m. Manche zusammengesetzte, organische, vorzüglich in Gährung begriffene Substanzen erhitzen sich auch durch die rege gewordene chemische Thätigkeit ihrer entfernteren Bestandtheile bis zur Entzündung. Als Beyspiel dienen grosse Haufen von nassem Heu oder Stroh. Manche Substanzen endlich scheinen selbst bey niederen Temperaturen im Stande zu seyn, die Lebensluft zu zerlegen und sich zu entzünden. Solche Substanzen nennet man *Pyrophore* z. B. der Homberg'sche Pyrophor. Vielleicht gehören die Selbstentzündungen von lebenden Wesen, ja selbst von Menschen auch hierher.

302. Aus der angegebenen Theorie des Verbrennens folgt auch jene unserer *Anstalten, Feuer zu unterhalten* und *zu löschen.* — Die *Oefen* oder Vorrichtungen zur Unterhaltung des Feuers, müssen erstens das Brennmateriale aufnehmen, dann dasselbe in der zum Verbrennen nothwendigen erhöhten Temperatur erhalten, und endlich wegen der zu demselben Zwecke unentbehrlichen Erneuerung der atmosphärischen Luft, dieser den freyen Durchzug gestatten. Jeder gute Ofen besteht daher aus drey wesentlichen Theilen: 1. aus dem Roste zur Unterstützung des hohlgelegten Feuermaterials; 2. aus dem Aschenheerde unter dem Roste, zur Aufnahme der von den verbrannten Materialien zurückbleibenden und durch den Rost fallenden Asche, mit einer für die eindringende atmosphärische Luft bestimmten Öffnung nach aussen versehen; 3. aus dem Feuerheerde oder dem Orte unmittelbar über dem Roste, wo die Brennmaterialien das Verbrennen erleiden, und wo die Wärme entwickelt wird, oben mit einer Öffnung nach aussen um der bereits zersetzten und erhitzten Luft den Ausgang zu gestatten, und der von unten neu eindringenden Platz zu machen. — Werden die Brennmaterialien entzündet, so zersetzen sie die umgebende Luft und erwärmen die übriggebliebene; diese dadurch ausgedehnt und speci-

fisch leichter gemacht, steigt in die Höhe oder wird von der durch die Öffnung des Aschenheerdes eindringenden kalten und daher dichteren Luft in die Höhe gedrückt, die nun wieder zersetzt, erwärmt und so ein beständiger *Luftzug* unterhalten wird. Von der Lebhaftigkeit dieses Luftzuges hängt unter übrigens gleichen Umständen die Schnelligkeit des Verbrennens und folglich auch der Grad der dadurch hervorgebrachten Hitze ab. Man befördert diesen Luftzug, entweder wenn man die erwärmte, davongehende Luft durch *Röhren* leitet, die jedoch nur so lang seyn dürfen, dass das vorhandene Feuer die in ihnen enthaltene Luftmasse gut zu durchwärmen im Stande ist, denn sonst höret der Luftzug ganz auf; oder durch künstliche *Gebläse*, durch welche man die Luft zugleich in einem zusammengepressten Zustande mit den brennenden Substanzen in Berührung bringt. Werden jene Röhren im Ofen selbst angebracht, und die durch selbe streichende erhitzte Luft zur Erwärmung anderer Körper benützt, so heissen solche Öfen *Circuliröfen* und die Röhren selbst bey uns *Füchse*. In unsern gewöhnlichen Stubenöfen vertreten die Feuerböcke die Stelle des Rostes und der weite Ofenhals die Stelle der Öffnung des Aschen- und des Feuerheerdes zugleich. Die kalte Luft dringt durch die untere Hälfte des Halses hinein und durch die obere Hälfte heraus in den Rauchfang. Bey diesen Öfen kommt es vorzüglich darauf an, das Holz gut zu verbrennen, damit nicht zu viel von seinen flüchtigen, brennbaren Bestandtheilen als Rauch davon gehe; dann die Luft nicht eher in den Schornstein entweichen zu lassen, als bis sie ihre Wärme an den Ofen abgegeben hat. Die sogenannten schwedischen Öfen sind zur Unterhaltung des Feuers und zur Benützung der im Ofen erwärmten Luft am zweckmässigsten eingerichtet: da aber der Aschenheerd sich ins Zimmer selbst öffnet, und folglich die Erneuerung der Luft im Ofen auf Kosten der im Zimmer schon

erwärmten geschieht, die dann durch kalte, von Aussen durch Thüre und Fenster eindringende Luft wieder ersetzt werden muss; so erhalten diese Öfen in Zimmern zwar immer reine Luft, sind aber nicht geeignet, dieselben anhaltend und im hohen Grade warm zu machen. Dasselbe gilt von den Kaminen, bey denen die Erwärmung der Stuben unmittelbar durch das Feuer geschieht, in einem noch höhern Grade. — So wie Stubenöfen den Zweck haben, die vom Feuer erhaltene Hitze der umgebenden Luft mitzutheilen, und daher aus einem, die Wärme nicht gar zu schlecht leitenden Stoffe verfertigt seyn müssen: so sollen chemische und viele technische Öfen die in ihnen erzeugte Hitze so viel möglich beysammen halten, und daher von den schlechtesten Wärmeleitern erbaut werden. Der Ort über dem Feuer heisst in diesen der Arbeitsort.

Eine *Argand'sche Lampe* ist als ein gut construirter Ofen zu betrachten, daher man sie auch nicht nur zur Erleuchtung, sondern auch als chemischen Ofen, zu Versuchen im Kleinen benützet. — Manche Substanzen verbrennen nur, wenn sie bey höherer Hitze zersetzt werden. Dahin gehören z. B. alle fetten Öhle, die daher in Dochten aufgesogen, und in diesem vertheilten Zustande nur immer in kleiner Menge auf einmahl der Einwirkung der Flamme ausgesetzt werden müssen, wie wir diess bey unsern Wachs- und Unschlittkerzen und bey den Öhllampen sehen. Andere leichtflüchtige Substanzen z. B. Alkohol, Äther, ätherische Öhle brennen ohne Docht. Will man fette Öhle ohne Docht verbrennen, so muss man sie bis zum Siedepunkte erhitzen und dann ihren Dampf anzünden. — Auch bey dem gewöhnlich als Brennmaterial gebrauchten Holze oder bey dessen Kohlen ist eine höhere Temperatur zur Unterhaltung des Verbrennens nothwendig; daher eine einzelne Holzkohle in einem grösseren Ofen nicht fortbrennt; sondern es müssen mehrere Kohlen da seyn, wovon immer eine die andere erwärmt.

303. Um *Feuer auszulöschen*, dürfen manchmahl z. B. bey Holz, Kohlen u. dgl. die im Verbrennen begrif-

tenen Materialien nur aus einander geworfen werden. Bey einigen, mit einer einzelnen kleinen Flamme brennenden Substanzen, z. B. bey unsern brennenden Kerzen und Lampen reicht dazu schon ein mässiger Windstoss oder das Blasen mit dem Munde hin; der brennende Dampf wird dadurch vom Dochte entfernt, und dieser daher nicht mehr gehörig erhitzt. Das beste und sicherste Feuerlöschmittel ist das Verhindern des Zutrittes der Luft. Darauf gründet sich die Einrichtung unserer Lichtputzen, das Feuerlöschen mit Wasser, Erde, nassen Tüchern u. dgl. m. Wasser, wenn es das Feuer löschen soll, muss in hinlänglicher Menge darauf gebracht werden, sonst verdampft es schneller als die brennenden Substanzen gehörig abgekühlt sind, oder es wird in sehr heftigem Feuer gar zersetzt, und vermehrt dann dasselbe noch, indem sein Hydrogen einen Brenn- und sein Oxygen einen Zündkörper liefert. Wir sehen diess beym Anfeuchten der Kohlen in Schmiedeessen. Substanzen, die auf Wasser schwimmen z. B. Öhle, lassen sich damit schwer löschen, weil sie immer mit der Luft in Berührung bleiben. Salzlaugen oder Wasser, welches mechanisch fein vertheilte Stoffe z. B. Thon enthält, sind bessere Feuerlöschmittel als reines Wasser, weil sie selbst nach dem Verdampfen des Wassers die noch heissen Brennmaterialien mit einer Kruste überzogen und dadurch von der Luft abgeschnitten, zurücklassen.

304. *Lebende Wesen* sowohl aus dem Pflanzen- als aus dem Thierreiche sind dem Gesetze der Temperatursausgleichung (§. 254) nicht unterworfen, sondern bis auf einen gewissen Grad selbstständig ihre Temperaturen zu bestimmen oder sich von den Temperaturen ihrer Umgebungen unabhängig zu erhalten im Stande. Bohrt man einen Baum im Winter, wo seine Lebensthätigkeit doch gewiss am geringsten ist, an und steckt man die Kugel eines Thermometers in das Loch, so zeiget dieses immer Temperaturen über o R. wenn auch die äussere Tem-

peratur mehrere Grade, unter o ist. — Noch auffallender ist die Selbstständigkeit in der Bestimmung der Temperaturen bey den vollkommnern oder warmblütigen Thieren. Der Mensch hält in allen auch noch so warmen oder kalten Temperaturen, in denen er nur leben kann, die Temperatur seines Körpers nahe an + 30° R. Nach dem Tode folgen organische Wesen wieder den Gesetzen der unorganischen Natur und setzen ihre Temperatur mit der ihrer Umgebungen ins Gleichgewicht. — Wie der Mensch bey höheren, äusseren Temperaturen seine Temperatur von + 30° R. behalten kann, ist schon oben (§. 281) gezeigt worden. Woher kommt aber die Wärme, die seinem Körper das Übergewicht über die gewöhnliche bey uns selbst in den heissesten Sommertagen selten + 25° R. erreichende Temperatur der Atmosphäre verschafft? Von jeher hat man den Zusammenhang der Erzeugung *thierischer Wärme* mit dem Respirationsgeschäfte eingesehen und bemerkt, dass jene Thiere, bey denen die Respiration am vollkommensten vor sich geht, z. B. die Vögel, bey denen die eingeathmete Luft sogar in das Innere der Knochen dringen kann, auch die andern an thierischer Wärme übertreffen. Man hat die Beobachtung gemacht, dass nur eine lebensgashältige Luft zum Athemhohlen tauglich und dass die ausgeathmete Luft von der eingeathmeten sehr verschieden ist, indem sie einen grossen Antheil ihrer Lebensluft verloren und dafür an Kohlensäure und Wasserdampf gewonnen hat. Lavoisier dehnte desswegen seine Theorie des Verbrennens, zwischen welchem und dem Leben man die Ähnlichkeit schon in den ältesten Zeiten erkannt hatte, auch auf das Athemhohlen aus und sagte, die Lebensluft werde in den Lungen von dem Venenblute, mit dem es dort in Berührung kommt, zersetzt; ein Theil des Oxygens verbinde sich mit dem Kohlen- und Wasserstoffe dieses Blutes zu Kohlensäure und Wasser, welche

gasförmig mit der übrigen nicht zersetzten Luft ausgeathmet werden; ein anderer Theil des Oxygens verbinde sich mit dem übrigen Blute und verwandle es in Arterienblut, welches sich bekanntlich durch seine hellere Farbe deutlich von dem Venenblute unterscheidet. Der Wärmestoff der zersetzten Lebensluft werde theils zur Gasificirung der neuerzeugten Kohlensäure und des Wassers verbraucht, theils bringe er im freyen Zustande die thierische Wärme hervor.

365. Da nach dieser Theorie die Lungen gleichsam der Ofen sind, durch den der ganze Körper geheitzt wird, so sollte eigentlich die Temperatur der Respirationsorgane viel höher als die der übrigen davon entfernteren Theile des Körpers seyn. Diess ist aber nicht der Fall. *Crawford* modificirte daher die Theorie dahin, dass sich in den Lungen die Lebensluft als solche mit dem Venenblute zu Arterienblute verbinde, und dass sie während der Circulation und des allmähligen Übergangs des arteriellen in venöses Blut nach und nach zersetzt werde; daher Wärmestoff in allen Theilen des Körpers gleichförmig frey werde.

366. Spätere genaue Versuche haben gezeigt, dass die ganze Menge des in den Lungen verbrauchten Oxygens mit Kohlenstoff verbunden als kohlensaures Gas ausgeathmet wird, dass folglich weder Wasser erzeugt, noch das Blut beym Durchgange durch die Lungen oxydirt worden seyn kann; sondern dass es bloss einen Theil seines Kohlenstoffs abgegeben hat, entkohlt worden ist, (fast auf eine ähnliche Art wie das Roheisen beym Frischprocesse). Wie erkläret man aber nun die gleichförmige Erzeugung der thierischen Wärme im ganzen Körper? Es ist durch Versuche (freylich mit Blute ausser dem thierischen Körper angestellt) ausgemacht, dass das hellrothe Arterienblut eine grössere Wärmecapacität als das dunkle Venenblut besitzt, und dass sich jene zu dieser wie 103 zu 89 verhält. Eben so gewiss ist es, das die

Verwandlung des Arterienbluts in Venenblut in den kleinsten Capillargefässen geschieht, durch welche die Arterien in die Venen übergehen, und welche zugleich die Werkstätte aller Secretionen (in der weitesten Bedeutung) sind. Diese Verwandlung muss mit einer Anhäufung von Kohlenstoff, und wegen der verminderten Wärmecapacität mit Freywerden von Wärmestoff verbunden seyn. Das Venenblut kommt nun mit Kohlenstoff überladen wieder in die Lungen, wo der überflüssige Kohlenstoff eine Art von Verbrennung erleidet, als kohlensaures Gas ausgeathmet, und dadurch das Venenblut in Arterienblut verwandelt wird. Der bey diesem Verbrennen freygewordene Wärmestoff erhält das Blut, ungeachtet der bey seinem Übergange in Arterienblut vermehrten Wärmecapacität auf der alten Temperatur, und wird erst später bey dem allmähligen Übergange des Arterienbluts in Venenblut in den kleinsten Gefässen eben so allmählig wieder frey.

307. Daraus sieht man, dass das Athmen nicht als die einzige und unmittelbare Quelle der thierischen Wärme anzusehen ist; sondern dass diese als das Resultat des mannigfaltigen Spiels chemischer Verwandtschaften, welches in einem lebenden, thierischen Körper ununterbrochen vor sich geht, erscheinet. *Brodie* hat jüngst durch interessante Versuche gezeigt, dass bey aufgehobenem Einflusse des Nervensystems und insbesondere des Gehirns, selbst bey fortgesetztem Athmen und bey derselben Veränderung der eingeathmeten Luft, die thierische Wärme sich fortwährend vermindert. Wahrscheinlich sind alle Prozesse der Verdauung, der Assimilation, Nutrition und der vielfältigen Absonderungen von der Art, dass dabey die Wärmecapacität im Durchschnitte vermindert, folglich Wärme frey wird. Daher steht, unter übrigens gleichen Umständen die Erzeugung der thierischen Wärme mit dem Grade von Vollkommenheit, womit alle diese Verrichtungen vor sich gehen, also mit

der Intensität des Lebens überhaupt, im Verhältnisse; daher sie auch bey den sogenannten unvollkommenen Thieren und den Pflanzen geringer ist.

308. So weit wir aus den bisher angeführten Eigenschaften des Wärmestoffs und aus den Gesetzen, an die er sich in seinen Wirkungen bindet, auf seine Natur schliessen können, müssen wir uns denselben als eine äusserst feine, unwägbare, rein expansive, in der ganzen Natur verbreitete Flüssigkeit vorstellen, die zu allen Körpern Verwandtschaft hat, alle Körper durchdringet und ausdehnet, immer sich ins Gleichgewicht zu setzen strebet, jedoch wegen immer neuer Stöhrungen nie dahin gelangt. — Weil man so oft Wärme in Licht und Licht in Wärme übergehen sieht, hat man beyde nur für Modificationen einer und derselben Materie gehalten. Dieser Meinung stellt man zwar die ganz verschiedenen, ja öfters denen der Wärme gerade entgegengesetzten, chemischen Wirkungen des Lichts entgegen; allein da wir auch die Wärme in verschiedenen Graden von Intensität ganz entgegengesetzte Wirkungen, z. B. oxydirende und desoxydirende hervorbringen sehen, so könnte man auch jenen Unterschied in dem Grade der Wirkungsintensität des Lichts und der Wärme als Modification eines und desselben Stoffes betrachten. Unsere bisherigen Erfahrungen reichen noch nicht hin, darüber zu entscheiden.

Die vorzüglichsten aus der grossen Menge von Hypothesen über die Natur des Wärmestoffs findet man in der *Systematischen Darstellung aller Erfahrungen über allgemein verbreitete Potenzen von Ludwig v. Schmidt,* genannt *Phiseldeck.* I. 45, ff.

Ansicht der chemischen Naturgesetze durch die neuern Entdekkungen gewonnen, von H. C. Oersted. Berlin 1812. S. 152. ff.

III.

Elektrizität.

309. Wenn man ein Glasrohr mit Flanell reibt, so erhält es an der geriebenen Stelle einige ganz neue Eigenschaften. Es zieht kleine, leichte Körper z. B. Papierstreifchen, Goldblättchen u. dgl. an, stösst sie aber bald darauf wieder ab; es bringt im Gesichte oder in andern empfindlichen Theilen des menschlichen Körpers, denen sie genähert wird, die Empfindung hervor, als geriethen sie in ein Spinnengewebe; es riecht nach Kunkelschem Phosphor; beym Annähern des Fingers sieht man im Finstern ein Leuchten und hört deutlich ein Knistern. Endlich bringt es auch in andern Körpern Wirkungen hervor, die es vor dem Reiben zu erzeugen nicht im Stande war. In diesem Zustande, in welchem nebst dem Glase auch noch viele andere Körper z. B. Harz, Siegellak, trockenes Holz u. dgl. durch Reiben, durch andere Mittel aber auch alle übrigen Körper versetzt werden können, heissen wir dieselben *elektrisch*, den Zustand selbst *Elektrizität*, und die neuen Wirkungen, welche die Körper in diesem Zustande hervorbringen können, *elektrische Erscheinungen*. Der eigene, materielle Stoff, welcher als Ursache der elektrischen Erscheinungen angenommen wird, heisst *elektrische Materie* (Blitzstoff?), wofür häufig auch die Benennung Elektrizität gebraucht wird.

Der Nahme Elektrizität kommt von der griechischen Benennung des Bernsteins *Elektron* her, an welchem man einige der angeführten elektrischen Erscheinungen, vorzüglich das Anziehen und Abstossen leichter Körperchen — welches schon Thales 600 Jahre vor Ch. G. gekannt und nebst dem Magnete als Beweis, dass auch die unorganischen Körper beseelt seyen, angeführt haben soll — zuerst bemerkt hatte. Erst in der Mitte des vorigen Jahrhunderts machte man die Beobachtung, dass eine grosse Anzahl anderer Körper in denselben Zustand versetzt werden können; und nun lernte man auch nebst den

erwähnten eine Menge anderer elektrischer Erscheinungen kennen.

310. Reibung ist nicht das einzige Mittel, Substanzen elektrisch zu machen oder zu *elektrisiren*: sondern unter gewissen Umständen werden die Körper auch schon durch blosse Berührung in diesen Zustand versetzet. Die letzte Erregungsart der Elektrizität nennet man die *Galvanische*, und die dadurch erregte Elektrizität selbst *Galvanismus*. Dann werden die Körper auch bey vielen chemischen Veränderungen elektrisch. Solche chemische Veränderungen gehen vorzüglich in unserer Atmosphäre vor, und bringen darin die Phänomene des Blitzes und Donners hervor. Ferner gibt es einige Fossilien, die durch Erwärmung elektrisch werden. Endlich können auch einige Thiere nach Willkür durch eigene Organe ihres Körpers elektrische Wirkungen hervorbringen. Hier soll zuerst von der durch Reibung hervorgebrachten Elektricität, dann vom Galvanismus, darauf von der Elektrizität der Atmosphäre gehandelt, endlich auch über die durch Erwärmung erzeugte Elektrizität und über dieselbe als physiologische Erscheinung von dem Bekannten das Wichtigste erwähnt werden.

a. Von der durch Reibung erregten Elektrizität.

311. So wie die Körper in Hinsicht ihres Verhaltens zur Wärme in gute und schlechte Leiter zerfallen; so wie einige Substanzen das Licht durchlassen, andere nicht: eben so unterscheiden sich auch die mannigfaltigen Bestandtheile unserer Erde in Hinsicht ihres Verhaltens zur Elektrizität. Einige, wie z. B. Glas, Harz u. dgl. werden nur genau an der geriebenen Stelle elektrisch; der daselbst erhaltene elektrische Zustand verbreitet sich nicht über ihre ganze Oberfläche. Bey andern Körpern hingegen z. B. bey den Metallen, verbreitet sich der auch nur an einem Punkte, auf was immer

für eine Art erhaltene elektrische Zustand sogleich über ihre ganze Oberfläche. Diese nehmen auch sehr leicht den elektrischen Zustand eines andern, ihnen hinlänglich genäherten Körpers an, und theilen ihn auch andern Körpern von derselben Beschaffenheit in Bezug auf Elektrizität eben so leicht mit: jenen fehlt sowohl diese Empfänglichkeit als die Gabe der Mittheilung. Körper, über derer Oberfläche sich der elektrische Zustand gleichförmig verbreitet, welche Elektrizität leicht annehmen und abgeben, heissen *Elektrizitätsleiter;* die andern von entgegengesetzter Beschaffenheit *Nichtleiter, Isolatoren,* für die Elektrizität. Solche Substanzen, die zwischen beyden gleichsam in der Mitte stehen, oder welche die Eigenschaft derLeiter nur in einem geringen Grade besitzen, heissen unvollkommene Leiter oder *Halbleiter;* obschon auch die Nichtleiter ihren Nahmen im strengsten Sinne nicht verdienen, indem sie nur sehr schlechte Leiter sind. Vollkommene Nichtleiter kennen wir nicht.

312. Da die Nichtleiter den durch Reiben erhaltenen elektrischen Zustand nicht gleich wieder verlieren, so kann man ihn auch noch geraume Zeit nach dem Reiben an demselben wahrnehmen. Die Leiter hingegen verlieren die durch Reiben erregte Elektrizität fast in dem Augenblicke des Entstehens wieder, wenn sie mit andern Leitern in Verbindung stehen. Daher meinte man Anfangs, nur die Nichtleiter könnten durch Reiben elektrisch werden, und die Leiter besässen diese Fähigkeit gar nicht. Man nannte daher die ersteren *elektrische, ursprünglich elektrische* oder auch *idioelektrische,* die letzteren hingegen *anelektrische,* nur *durch Mittheilung elektrische, symperielektrische* Körper. Allein auch die Leiter können durch Reiben elektrisch werden, wenn man durch Nichtleiter die Verbindung derselben mit andern Leitern abschneidet. So wird z. B. ein Metallcylinder elektrisch, wenn man ihn mittelst einer gläsernen Handhabe hält, und mit

einem seidenen Tuche reibt. Doch muss bey diesem Versuche alle Vorsicht angewendet werden; denn wenn der Metallcylinder nur an einem einzigen Punkte mit Leitern communiziret, so verliert er dadurch in einem Augenblicke seine Elektrizität. — Ein von allen Seiten mit Nichtleitern umgebener Körper heisst *isolirt.*

313. Elektrizitätsleiter sind alle Metalle; dann Kohle und Wasser. Alle übrigen Stoffe sind Nichtleiter, und werden nur durch die Verbindung mit einer grösseren oder geringeren Menge von jenen drey genannten Substanzen zu besseren oder schlechteren Leitern. So ist z. B. das Reissbley ein guter Leiter, weil es aus Eisen und Kohle besteht. Die Metalle sollen nach Cavendish 400000000 mahl besser leiten als das Wasser. Metalle und Kohle heisst Volta daher *Leiter vom ersten Range*, und alle Körper, welche durch ihren Wassergehalt zu Leitern werden, *Leiter vom zweyten Range.* — Unter den letzteren sind die mineralischen Säuren noch die besten Leiter; dann folgen die Salzauflösungen, derer Leitungsfähigkeit mit der Menge des aufgelösten Salzes im Verhältnisse zu stehen scheint. Seewasser soll schon 100000 Mahl besser als destillirtes Wasser leiten. Unter die besten Nichtleiter gehöret ganz trockene Luft, Glas, Harz, Schwefel, vollkommen getrocknetes (gebackenes oder geröstetes) Holz, Seide, Haare u. a. m. Je mehr Feuchtigkeit die Luft oder das Holz enthält, desto mehr leiten sie. Glas, welches sehr viele Metalltheile enthält, oder welches wegen eines zu grossen Gehaltes an Laugensalz Feuchtigkeit anzieht, ist zum Nichtleiter untauglich. Alle lebende Thiere und Pflanzen sind wegen der enthaltenen Feuchtigkeit Leiter; die Nerven sind vorzüglich gute Elektrizitätsleiter. Einige Nichtleiter werden unter gewissen Umständen z. B. durch Veränderung ihrer Form, zu Leitern. So sind Glas und Harz im geschmolzenen Zustande Leiter. Das leitende Wasser wird durch Gefrieren zum Nichtleiter; denn Eis bey

einer Temperatur, die niedriger ist als – 13 R., leitet nicht. So ist auch die sonst leitende Kohle im krystallisirten Zustande, im Diamante, ein Nichtleiter.

314. Werden zwey Glasröhren durch Reiben in einem gleichen Grade elektrisch gemacht, so geben sie wohl gegen andere nicht elektrische Körper alle oben (§. 309) genannten Zeichen ihres elektrischen Zustandes; allein gegen einander geben sie kein anderes Zeichen desselben, als dass sie sich wechselseitig abstossen; denn sie geben keine Funken gegen einander, die Körper, welche die eine Röhre abgestossen hat, werden auch von der andern zurückgestossen, sie verlieren durch wechselseitige Berührung ihren elektrischen Zustand nicht u. dgl. m. Der nähmliche Fall tritt ein, wenn man zwey Stangen Siegellak auf dieselbe Weise behandelt. *Körper* also, *welche denselben elektrischen Zustand in gleichem Grade besitzen, geben keine elektrischen Zeichen gegen einander.* — Wenn man aber eine Glasröhre und eine Siegellakstange mit Flanell so lange reibt, bis beyde am Elektrometer, — welches erst später beschrieben werden kann — gleiche Grade von Elektrizität zeigen: so werden beyde nicht nur gegen andere nichtelektrische Körper die gewöhnlichen, sondern auch wechselseitig, die Glasröhre gegen die Siegellakstange noch auffallendere Zeichen des elektrischen Zustandes äussern. Die Funken, welche sie gegen einander geben, sind viel grösser und heftiger als diejenigen, welche sie gegen andere Körper geben; ein Gold- oder Papierblättchen, welches von der Glasröhre abgestossen worden ist, wird von der Siegellakstange angezogen, und so umgekehrt; sie ziehen sich einander selbst viel heftiger an, verlieren aber jedes Zeichen von Elektrizität, sobald sie sich berührt haben. — Da der Grad der Elektrizität, der Voraussetzung gemäss, in der Glasröhre und in der Siegellakstange gleich ist; so muss der elektrische Zustand, in welchem sich das Glas befindet, von dem elektrischen Zustande des Siegellaks verschie-

den seyn. *Es gibt* also *zwey von einander verschiedene elektrische Zustände.*

315. Um die Verschiedenheit dieser elektrischen Zustände zu erklären, sind mehrere Hypothesen aufgestellt worden, wovon aber nur zwey Beyfall, und jede eine fast gleiche Zahl von Anhängern gefunden haben. — Du Fay, der die Verschiedenheit der elektrischen Zustände zuerst bemerkte, nahm zur Erklärung derselben zwey Arten von Elektrizität an; und da er die eine Art gewöhnlich aus geriebenem Glase, die andern aus geriebenem Harze erhielt: so nannte er jene *Glas-*, diese *Harzelektrizität.* Die beyden Arten von elektrischer Materie haben zu den übrigen Naturkörpern verschiedene Verwandtschaftsgrade. Jede Art wirkt für sich expansiv — d. h. die Theile derselben stossen sich unter einander ab —; aber eine Art zieht die andere stark an. Du Fay's Vorstellung ist von *Simmer* mehr ausgeführt und in ein ordentliches System gebracht worden. Nach diesem sogenannten *dualistischen Systeme* enthält jeder Körper beyde Arten von Elektrizität, aber eine durch die Verbindung mit der andern so neutralisirt, wie z. B. Alkalien und Säuren sich neutralisiren, oder wie die blaue und gelbe Farbe durch ihre Verbindung in der grünen verschwinden. In diesem neutralen Zustande kann keine Elektrizität irgend eine Wirkung äussern, weil sie ihre ganze Kraft zur Neutralisirung der andern verwenden muss. Durch Reibung — und dasselbe gilt auch von den andern Mitteln, Elektrizität zu erregen — wird die neutrale Verbindung der zwey Elektrizitätsarten, sowohl in dem reibenden als geriebenen Körper, zum Theil aufgehoben; es tritt also eine Portion Harz- und eine gewisse Menge Glaselektrizität in Freyheit. Hat nun der geriebene Körper — die Glasröhre — zur Glaselektrizität, der reibende Körper — der Flanell — hingegen zur Harzelektrizität eine nähere Verwandtschaft, so behält das Glas nicht allein die in ihm freygewordene Menge von Glaselektrizität, sondern

eignet sich auch noch einen Theil der im Flanell freygewordenen, gleichnahmigen Elektrizität zu, hat also eine Portion ungebundene Glaselektrizität und befindet sich folglich in dem Zustande dieser Elektrizität. Der Flanell hingegen zieht nebst seiner ursprünglichen auch noch einen Theil der im Glase freygewordenen Harzelektrizität an, und versetzet sich dadurch in den Zustand der Harzelektrizität.—Siegellak hat eine nähere Verwandtschaft zur Harzelektrizität als der Flanell, dieser eine nähere Verwandtschaft zur Glaselektrizität als jener: durch das Reiben dieser zwey Körper aneinander, wird daher das Siegellak harz-, der Flanell hingegen glaselektrisch. — Daraus folgt auch, dass das Reibzeug und der geriebene Körper nothwendig immer entgegengesetzte elektrische Zustände zeigen müssen. Auf der Abstossung, welche die auf diese Art freygewordene Elektrizität auf die gleichnahmige in andern Körpern ausübet, und auf der Anziehung, mit der sie auf die ungleichnahmige wirkt, beruhen nun die oben genannten Zeichen des elektrischen Zustandes. Kommt z. B. ein glaselektrischer Körper in die Nähe eines nichtelektrischen, d. h. mit neutralisirter Elektrizität versehenen, so zieht die Glaselektrizität des elektrischen die Harzelektrizität des nicht elektrischen stärker an, als diese von ihrer eigenen Glaselektrizität gehalten wird. Dieses Anziehen hat entweder ein Annähern der zwey Körper zu Folge, wenn ihre Massen nicht zu gross sind; oder es verbindet sich eine Portion der Harzelektrizität des nichtelektrischen mit der Glaselektrizität des elektrischen. Dadurch wird nun aber der Zustand der Neutralität in dem nichtelektrischen aufgehoben und etwas Glaselektrizität in diesem frey, wenn er nicht durch Verbindung mit dem allgemeinen Elektrizitätsbehälter, der Erde, seinen Verlust an Harzelektrizität ersetzen, und dadurch die freygewordene Glaselektrizität wieder neutralisiren kann.

316. *Benjamin Franklin* nahm zur Erklärung der elek-

trischen Erscheinungen nur *Eine einfache* Materie an, und lässt die zwey elektrischen Zustände sich wie Wärme und Kälte unterscheiden. Er sagt nähmlich: Jeder Körper enthält eine seinem Verwandtschaftsgrade oder seiner ursprünglichen Capacität entsprechende Menge von elektrischer Materie, so wie jeder Körper Wärmestoff enthält. Die Erde sammt ihrer Atmosphäre ist für uns der allgemeine Elektrizitätsbehälter. Die elektrische Materie hat ferner dasselbe Bestreben, sich ins Gleichgewicht zu setzen, wie sich der Wärmestoff immer so vertheilt, dass gleiche Temperaturen entstehen. Körper, in denen sich die elektrische Materie im Gleichgewichte befindet — die eine gleiche elektrische Temperatur haben — geben eben so wenig ein Zeichen von Elektrizität gegen einander, als Körper von gleicher Wärmetemperatur Zeichen von Wärme oder Kälte gegen einander geben. Sie heissen in diesem Zustande *natürlich elektrisch.* Durch Reibung und die andern oben angeführten Elektrizität erregenden Mittel wird das elektrische Gleichgewicht gestöret: ein Körper entzieht dem andern eine Portion seiner elektrischen Materie. Dadurch erhält der erste mehr elektrische Materie als die umgebenden, unter einander im Gleichgewichte stehenden Körper besitzen, der andere hingegen weniger. Beyde werden durch das gestörte Gleichgewicht elektrisch, und zwar der erste durch *Ueberfluss* oder *positiv*, der zweyte durch *Mangel* oder *negativ.* Daraus folgt nothwendig, dass das Reibzeug und der geriebene Körper immer entgegengesetzte, elektrische Zustände haben müssen, weil der positive seinen Überfluss nur von dem erhält, was er dem andern entzieht, wodurch dieser also nothwendig durch Mangel oder negativ elektrisch werden muss. — Die Theile der elektrischen Materie werden ferner unter einander abgestossen, von allen übrigen Naturkörpern aber angezogen. Wenn also ein mit Überfluss oder positiv elektrischer Körper einem natürlich elektrischen genähert

wird, so sucht sich das Gleichgewicht der Elektrizität in diesen zwey Körpern herzustellen. Dieses Streben gibt sich Anfangs durch wechselseitige Annäherung zu erkennen; dann aber geht aus dem positiv elektrischen Körper eine Portion elektrischer Materie in den natürlich elektrischen über. Kommt ein negativ elektrischer Körper einem natürlich elektrischen hinlänglich nahe, so gibt der natürlich elektrische Körper Elektrizitätsstoff an den negativ elektrischen ab. Da aber zwischen einem positiv und negativ elektrischen Körper das Gleichgewicht am meisten gestört, der Unterschied der Elektrizitätstemperaturen am grössten ist: so muss aus dem positiven eine grössere Menge Elektricität mit grösserer Heftigkeit in den negativen übergehen, und die elektrischen Zeichen müssen sich also zwischen zwey solchen Körpern am stärksten äussern. — Die Anhänger von Franklins System heissen *Unitarier.*

317. Durch beyde Hypothesen lassen sich die meisten elektrischen Erscheinungen fast gleich gut erklären; und jede von beyden lässt fast gleich Viel unerkläret. Da es aber einfacher ist, nur Eine Materie anzunehmen, wenn man mit dieser eben so viel erklären kann als mit zweyen, und da Franklins Meinung noch durch die Analogie, die nach ihr zwischen den Erscheinungen der Wärme und der Elektrizität Statt finden, unterstützet wird: so sollen in diesem Werke die elektrischen Erscheinungen nach dem Systeme der Unitarier erkläret werden. Manchmahl soll jedoch auch die Erklärungsart der Dualisten beygefügt und dadurch jeder Leser in den Stand gesetzt werden, auch die übrigen Erklärungen nach dem dualistischen Systeme selbst zu finden. — Da die Benennungen Glas- und Harzelektrizität desswegen sehr unpassend sind, weil man sowohl aus Glas als aus Harz und überhaupt aus allen Körpern nach Verschiedenheit der Behandlung beyde Arten von Elektrizität erhalten kann: so haben auch die Dualisten Franklins Benennungen angenommen, wenn sie auch damit nicht,

wie dieser, Überflüss und Mangel ausdrucken, sondern nur auf das Entgegengesetzte beyder Arten von Elektrizität, welche sich durch Vereinigung wechselseitig eben so, wie, mathematisch entgegengesetzte Grössen aufheben und darum bloss in der Trennung wirksam werden können, hindeuten wollen. Die Glaselektrizität nennen sie positiv, die Harzelektrizität negativ. Im Schreiben bezeichnet man der Kürze halber positive Elektrizität mit + E., negative mit — E.; den natürlich elektrischen Zustand mit $\pm$ E.

318. So gewiss es ist, dass zwey Körper, die durch gegenseitiges Reiben elektrisch werden, immer entgegengesetzte Elektrizität bekommen; so schwer ist es, ein Gesezt aufzufinden, nach welchem sich in Voraus bestimmen liesse, welcher von den geriebenen Körpern positiv, welcher negativ elektrisch werden wird; da derselbe Körper nach Verschiedenheit einiger kleinen Nebenumstände bald den positiven, bald den negativen elektrischen Zustand annimmt. So wird polirtes Glas mit Wolle gerieben positiv elektrisch mattgeschliffenes Glas auf dieselbe Weise behandelt erhält — E. Von gleichartigen, an einander geriebenen Körpern wird der glättere, kältere, der nach der Länge geriebene in der Regel positiv, der rauhere, wärmere, der nach der Breite geriebene negativ elektrisch. Von den Metallen werden einige, wie Zink und Wismuth, isolirt mit Tuch gerieben positiv, andere, wie Zinn und Spiessglanz, negativ elektrisch. Die übrigen Metalle sind in dieser Rücksicht sehr veränderlich. Dasselbe Stück Metall nimmt ohne einen bemerkbaren Unterschied in den Hauptbedingungen und Nebenumständen einmahl + E. das andere Mahl — E. an. Lichtenberg hat zur Bestimmung der Elektrizität, welche durch das wechselseitige Reiben einiger, zu elektrischen Versuchen vorzüglich gebrauchter Körper entsteht, folgende Tabelle geliefert. Die in jedem Felde angezeigte Elektrizität gehöret dem in der oberen, correspondi-

renden Spalte genannten Körper; dem in der Seitenspalte genannten folglich die entgegengesetzte Elektrizität an.

	Geriebene Körper.												
Reibzeuge.	Polirtes Glas.	Mattgeschliffenes Glas.	Harz	Siegellack.	Schwefel.	Wolle.	Holz.	Papier.	Federn.	Wachs.	Seide.	Haare.	Metalle.
Polirtes Glas	o	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mattgeschlif. Gl.	+	o	+	+	—	+	+	+	+	+	—	+	—
Harz	+	—	o			+					—	+	
Siegellak	+	—		o	—	+						+	
Schwefel	+	+		+	o	+	+	+	+	+			—
Wolle	+	—	—	—	—	o	—				+		
Holz	+	—			—	—							
Papier	+	—		—	—						—	+	
Federn	+	—			—								
Wachs	+	—			—								
Seide	+	+					+					+	+
Haare			—	—			—				—		
Metalle	+	+	+	+			—				+	+	o

Mit Katzenhaaren gerieben werden beynahe alle Körper negativ elektrisch. Wenn schwarzer und weisser Seidenzeug an einander gerieben werden, so erhält ersterer + E., letzterer — E. daher entsteht Elektrizität, wenn man einen schwarzen seidenen Strumpf, über einen weisseidenen Unterstrumpf abzieht. Schwarze Seide erhält auch durch Reiben mit Metallen — Elektrizität.

Elektrisirmaschine.

319. Um grössere Flächen mit mehr Bequemlichkeit und besserem Erfolge reiben und die dadurch ent-

wickelte Elektrizität nach Belieben verwenden zu können, hat man eigene, sogenannte Elektrisirmaschinen erfunden. Die wesentlichen Bestandtheile einer solchen Maschine sind ein *geriebener Körper*, ein *reibender Körper* oder *Reibzeug* und ein *Hauptleiter* oder *Conductor*. Als geriebenen oder zu reibenden Körper braucht man gewöhnlich Glas, dem man zuerst die Kugelform, später die schon viel zweckmässigere Walzengestalt gab; jetzt zieht man die Scheibenform den übrigen vor. Fig. 54 stellt eine der einfachsten Scheibenmaschinen vor. — Als Reibzeug braucht man gewöhnlich hölzerne, viereckige Brettchen, die an ihrer inneren, die Scheibe berührenden Fläche mit Leder überzogen und mit dem sogenannten Kienmayerschen, aus 1 Theile Zink, 1 Theile Zinn und 2 Theilen Quecksilber bestehenden, mit etwas Fett versetztem Amalgam eingerieben sind. Soll die Maschine zur Hervorbringung sowohl der + als der — Elektrizität dienen, so muss das Reibzeug nur mittelst Nichtleiter mit dem Gestelle der Maschine in Verbindung stehen, und also isolirt daran befestigt seyn; zu welchem Zwecke man aber meistens das ganze Gestell isolirt. Durch Federn und Schrauben müssen die Reibzeuge oder Reibküssen, derer gewöhnlich oben zwey und unten zwey einander gegenüber angebracht sind, nach Willkür mehr oder weniger fest an die Scheibe angedrückt werden können. Die Scheibe ruht mittelst der durch einen eckigen Ausschnitt in ihrer Mitte gehenden Achse auf einem eigenen Gestelle, und wird mittelst der an der Achse angebrachten Kurbel gedreht, wobey sie sich bey ihrem Durchgange zwischen den angedrückten Küssen reiben muss. Um die bey diesem Durchgange erregte Elektrizität zu verhindern, von der Scheibe, nachdem sie das Reibzeug verlassen hat, wieder in dieses zurückzutreten oder sich sonst zu zerstreuen, sind an dem Reibzeuge Verlängerungen von Wachstaffet angebracht, welche die beyden

Flächen der Scheibe fast bis zu den Zuführern des Conductors begleiten. — Der Conductor oder Hauptleiter ist ein hohler Cylinder von polirtem Messingbleche, der allenthalben, so viel möglich abgerundet ist, und auf Nichtleitern, meistens auf Glasfüssen, die mit Siegellack überzogen sind, ruht. An dem der Scheibe zugekehrten Ende ist er mit zwey Armen versehen, die mit ihren zwey Quercylindern der Scheibe so nahe, als es ohne Berührung möglich ist, gebracht werden können und *Zuleiter* heissen. Wenn der Conductor für die + Elektrizität und für die — Elektrizität bey derselben Maschine dienen soll, müssen die Zuleiter gedreht werden können, damit sie, wenn der Conductor + Elektrizität erhalten soll, der Glasscheibe an den vom Reibzeuge am meisten entfernten Stellen, und wenn der Conductor — elektrisch werden soll, dem Reibzeuge selbst genähert werden können.

320. Wird die Scheibe bey gehörig angepresstem Reibzeuge gedreht, so wird durch die Reibung das elektrische Gleichgewicht zwischen der Scheibe und dem Reibzeuge aufgehoben. Die Scheibe raubt dem Reibzeuge einen Theil seiner elektrischen Materie, sie wird dadurch +, das Reibzeug hingegen — elektrisch. Die positive Glasscheibe kommt nun in die Nähe des metallenen Zuleiters, gibt an diesen ihren Überfluss von elektrischer Materie ab, die sich nun gleichförmig über die ganze Oberfläche des Conductors verbreitet. Dieses wird bey jeder Umdrehung der Scheibe wiederhohlt, und daher immer mehr + Elektrizität im Conductor angesammelt. — Je mehr elektrische Materie das Reibzeug an die Scheibe abgegeben hat, desto mehr wird sie daran erschöpft, ohne, wenn sie isolirt ist, diesen Verlust ersetzen zu können. — Daher müssen auch die Wirkungen der Maschine immer schwächer werden. Es müssen also die Reibzeuge, wenn es darauf ankommt, den Conductor positiv elektrisch zu machen, durch Leiter z. B.

metallene Kettchen, mit dem Boden in Verbindung gesetzt werden, damit ihnen auf diesem Wege elektrische Materie in dem Verhältnisse zugeführt werden könne, als sie die ihrige an die Scheibe abgeben. — Will man den Conductor negativ elektrisch machen, so nähert man die Zuleiter dem Reibzeuge, welches aber jetzt nothwendig isolirt bleiben muss; wogegen die Scheibe in eine leitende Verbindung mit dem Erdboden gebracht wird. Das Reibzeug kann in diesem Fall den durch das Abgeben an die Scheibe erlittenen Verlust nur aus dem Conductor ersetzen; dieser verliert also eine Portion seiner natürlichen Elektrizität und wird — elektrisch. Wie die Dualisten die Wirkungsart der Elektrisirmaschine erklären, erhellet aus §. 315.

Der geriebene Körper darf eben nicht immer Glas seyn: in Pikels Maschine ist er von Holz, in Lichtenbergs von Wollenzeug, in Ingenhouss's von überfirnisstem Taffet, in Göttlings von Messing, in van Marum's von Gummilack in Quecksilber gerieben. — Bey grösseren Maschinen hat man auch zwey Glasscheiben.

321. Der Conductor hat die Bestimmung die entwickelte elektrische Materie aufzunehmen und den Experimentator in den Stand zu setzen, die ganze durch längeres Reiben frey gemachte Menge derselben auf Einmahl nach Belieben zu verwenden. Desswegen muss der Conductor auch nothwendig aus einem leitenden Stoffe seyn; weil ein Nichtleiter nur theilweise, im Punkte der Berührung oder der grössten Annäherung die elektrische Materie fahren lassen und also alle grossen Wirkungen unmöglich machen würde. Der Conductor muss aber isolirt seyn, weil er sonst die aufgenommene elektrische Materie gleich wieder abgeben, sich mit den umgebenden Körpern ins Gleichgewicht setzen und also keine elektrischen Erscheinungen geben würde. Da der Conductor grösstentheils mit Luft umgeben, und diese nur im ganz trocknen Zustande ein Nichtleiter ist: so müssen

elektrische Maschinen bey feuchter Witterung oder in Zimmern, in denen sich viele feuchte Dämpfe befinden, viel von ihrer Wirksamkeit verlieren. — Bey Maschinen, welche zur Hervorbringung der — Elektrizität eingerichtet sind, gibt der Conductor elektrische Materie an die Maschine ab, und bringt dann die elektrischen Erscheinungen durch das Anziehen dieses Stoffes aus andern positiv oder doch wenigstens natürlich elektrischen Körpern hervor. Auch hier muss er ein Leiter seyn, damit er seine elektrische Materie leicht abgebe, und seinen Verlust dann wieder auf Einmahl ersetze. Jeder andere isolirte Leiter, der mit dem Conductor in leitende Verbindung gesetzt wird, erhält mit ihm den nähmlichen elektrischen Zustand in gleichem Grade, z. B. Menschen die auf Harzkuchen oder Schemmeln mit gläsernen Füssen, *Isolirschemmeln*, stehen und eine am Conductor befestigte Metallkette in der Hand halten. Durch solche Verbindungen wird der Conductor nur vergrössert.

Die grösste Elektrisirmaschine mit zwey Scheiben ist die von Cuthberson für das Teylersche Museum zu Harlem ververtigte. Jede Scheibe hat 64 Zoll im Durchmesser, also beyläufig die Grösse eines Lastwagenrades. Die 8 Küssen, woran die Scheiben gerieben werden, sind von $15\frac{1}{2}$ Zoll Länge. Der Conductor hat $23\frac{1}{2}$ Quadratfuss Oberfläche und wird von Glassäulen getragen, die 57 Zoll hoch sind. Zwey Menschen sind nothwendig, die Maschine in Bewegung zu sezzen, und, wenn diess anhaltend geschehen soll, müssen sie mit zwey andern abwechseln. Siehe: *Beschreibung einer ungemein grossen Elektrisirmaschine*, *und der damit im Teylerschen Museum zu Harlem angestellten Versuche durch Martin van Marum*. Leipzig 1786. 4to. — In Grens Journal der Physik findet man häufig Beschreibungen von Elektrisirmaschinen und derer Verbesserungen.

Elektrische Anziehung und Abstossung.

322. Die Anziehung und Abstossung, welche einige geriebene Substanzen gegen andere leichte Körper ausüben, waren die zuerst beobachteten elektrischen Erscheinungen. Später bemerkte man, dass Körper von verschiedenem elektrischen Zustande sich anziehen, Körper von gleichem elektrischen Zustande sich abstossen. Natürlich elektrische Körper werden also sowohl von positiv als von negativ elektrischen Körpern angezogen; eben so ziehen sich positiv und negativ elektrische Körper wechselseitig an; allein von zwey positiv oder zwey negativ elektrischen Körpern stösst einer den andern ab. Diese Anziehung und Abstossung äussert sich schon auf eine gewisse Entfernung, welche man den *elektrischen Wirkungskreis* oder die *elektrische Atmosphäre* nennet. Von zwey ungleichnahmig elektrischen Körpern nähert sich der beweglichere dem unbeweglicheren, wenn er in dessen Nähe kommt und wenn die Anziehung seiner Masse gewachsen ist. Von zwey gleichnahmig elektrischen Körpern entfernt sich unter diesen Bedingungen der beweglichere.

323. Um die Phänomene des elektrischen Anziehens und Abstossens zu zeigen, bedient man sich sehr leichter und beweglicher Körper, z. B. Kügelchen von Kork oder Hohlundermark, Stückchen Goldpapier, die an seidenen Fäden hängen. Bringt man ein solches Korkkügelchen in die Nähe eines geladenen Conductors, so wird es von ihm angezogen; so wie es aber mit demselben in Berührung ist, erhält es durch Mittheilung den gleichnahmig elektrischen Zustand, und wird abgestossen; so wie es nun wieder durch Berührung mit der Luft oder mit andern Körpern seinen elektrischen Zustand verloren hat und natürlich elektrisch geworden ist, wird es vom Conductor abermahls angezogen. Auf diese Weise dauert es fort, so lange der Conductor selbst

noch + oder — E. besitzt. Nimmt man zwey solche Kügelchen, welche mit ihren Seidenfäden an demselben Punkte aufgehängt sind, sich also berühren; so werden sie zuerst beyde von dem Conductor angezogen, dann abgestossen: nun aber stossen sie auch einander selbst ab, weil sie durch Mittheilung einen gleichen elektrischen Zustand erhalten haben.

Da man beobachtet hat, dass dieses Anziehen in einer gewissen Nähe erfolgt, dann auf eine gewisse Strecke nicht, darauf aber bey einer grösseren Entfernung wieder Statt findet: so nennet man diese Zwischenräume, in welchen sich die Anziehung nicht äussert, *elektrische Pausen.*

324. Das Anziehen ungleichnahmiger und das Abstossen gleichnahmig elektrischer Körper erklären Franklins Anhänger auf folgende Weise. Ist der Körper A positiv, der Körper B natürlich elektrisch; so wird die in B vorhandene, natürliche elektrische Materie von der in A angehäuften zwar abgestossen, allein die ponderable Materie in B von der elektrischen Materie in A noch stärker angezogen, und die zwey Körper nähern sich folglich mit dem Überschusse dieser Anziehung. Ist A positiv und B negativ elektrisch; so ist wegen der in B vorhandenen geringeren Menge von elektrischer Materie die Abstossung geringer, die Anziehung aber die nähmliche; diese wirkt also, da ihr durch jene weniger Abbruch geschieht, stärker, und die zwey Körper müssen sich folglich noch mit mehr Gewalt anziehen. — Sind A und B im natürlich elektrischen Zustande; so stossen sich die in beyden vorhandenen natürlichen Mengen von elektrischer Materie eben so stark ab, als die elektrische Materie von A die ponderable Materie von B, und die elektrische Materie von dieser die ponderable Materie von jener anzieht: Anziehung und Abstossung stehen im Gleichgewichte, die Körper folgen also weder der einen noch der andern. — Sind A und B aber

beyde positiv, so überwiegt die wechselseitige Abstossung der elektrischen Materie die gegenseitige Anziehung der elektrischen und ponderablen Materien und die Körper müssen auseinander weichen. — Am schwersten ist es, die Abstossung zweyer negativ elektrischer Körper zu erklären. Man könnte freylich sagen, nur wenn die Körper im natürlich elektrischen Zustande sind, halte die wechselseitige Abstossung der in beyden verhandenen elektrischen Materie der Anziehung, welche die elektrische Materie eines jeden gegen die ponderable des andern äussert, das Gleichgewicht, so wie aber ein Körper oder beyde mehr oder weniger elektrische Materie als im natürlichen Zustande besitzen, positiv oder negativ elektrisch sind, überwiege die gegenseitige abstossende Kraft der elektrischen Materie die wechselseitige Anziehung der elektrischen und ponderablen Materie, und folglich müssen sich sowohl positiv als negativ elektrische Körper von einander und von natürlich elektrischen Körpern entfernen (So wie z. B. manche Körper nur bey einer bestimmten Temperatur sich chemisch mit einander verbinden, bey höheren und niederen Temperaturen aber sich wieder trennen und von einander weichen). — Gewöhnlich erkläret man das Auseinanderweichen zweyer negativ elektrischer Körper durch eine grössere Anziehung dieser Körper von der in den natürlich elektrischen Umgebungen vorhandenen elektrischen Materie.

Diejenigen, welche einen aus + E. und — E. zusammengesetzten Stoff als Ursache der elektrischen Erscheinungen annehmen, erklären zwar das Abstossen zweyer positiv oder negativ elektrischer Körper sehr leicht durch die jeder Art von elektrischer Materie beygelegte Eigenschaft, die gleichnahmige abzustossen; eben so leicht auch das Anziehen zwischen positiv und negativ elektrischen Stoffen durch das wechselseitige Anziehen der beyden Elektrizitätsarten: desto schwieriger wird aber nach diesem Systeme die Erklärung des Anziehens natürlich elektrischer Körper von positiv oder negativ elektrischen;

weil hier Anziehung und Abstossung sich aufheben, folglich gar keine Bewegung Statt finden sollte. Man sucht dieser Schwierigkeit durch die Annahme auszuweichen, dass durch das anfängliche Anziehen der entgegengesetzten Elektrizitätsarten diese sich etwas mehr nähern, und da die Kraft der Anziehung mit der Abnahme der Entfernungen wachse, endlich über die Abstossung der gleichnahmigen Elektrizitäten, die wegen der zunehmenden Entfernung immer schwächer wird, die Oberhand bekomme.

325. Der zwar etwas schwierig genügend zu erklärende Satz, dass *gleichnahmig elektrische Körper sich abstossen, ungleichnahmig elektrische Körper sich anziehen*, findet sich durch eine Menge von Thatsachen bestätigt. Auf ihn gründet sich eine grosse Zahl von mannigfaltigen, mehr zur Belustigung als zur Belehrung dienenden Versuchen, wie auch die Einrichtung von Instrumenten, womit man die Art und den Grad der Elektrizität bestimmt, oder der sogenannte Elektrometer. — Unter jene elektrische Belustigungsversuche gehören: Das Auseinandergehen von Haaren oder Fäden, die in ein Büschelchen zusammengebunden elektrisirt werden. Desswegen fühlt ein Mensch, der auf dem Isolirschemmel mit dem geladenen Conductor in Verbindung steht, wie die Haare sich sträuben. Baumwolle bläht sich auf; Wasser läuft in einem Strome durch Haarröhrchen. Hierher gehört auch die elektrische Spinne und der Feuerregen. Das elektrische Glockenspiel: Um eine isolirte grössere Glocke in der Mitte stehen rund herum in geringer Entfernung nicht isolirte kleinere Glöckchen. Zwischen jedem dieser letzteren und der grösseren Glocke hängt ein Metallstückchen an einem seidenen Faden. Wird die mittlere Glocke elektrisch gemacht, so zieht sie das Klöppelchen an, stösst es, sobald sie ihm ihren elektrischen Zustand mitgetheilt hat, ab; dieses wird nun von dem kleineren, gegenüberstehenden Glöckchen angezogen, verliert bey dessen Berührung seine Elektrizität, und wird nun wieder von

der mittleren Glocke angezogen. Die Oscillationsbewegung, in welche das Klöppelchen versetzt wird, macht das dadurch verursachte Geläute noch regelmässiger. — Der elektrische Tanz: Ein weiter, einige Zoll hoher Glascylinder ist oben und unten mit einer metallenen Scheibe geschlossen. Zwischen beyden befinden sich aus leichten Stoffen verfertigte, oben und unten etwas zugespitzte Figuren. Wenn die obere Scheibe elektrisirt, die untere mit der Erde in leitende Verbindung gesetzt wird, so hüpfen die Figuren in den lächerlichsten Gruppirungen zwischen beyden auf und nieder. — Diese Spielereyen lassen sich nach Willkühr vervielfältigen, sobald man einmahl weiss, worauf es dabey ankommt.

326. Wichtiger ist die Anwendung des Abstossens gleichnahmig elektrischer Körper, da seine Stärke und die Entfernung, auf welche es sich erstreckt, mit der Intensität des elektrischen Zustandes oder mit der *elektrischen Spannung* im geraden Verhältnisse stehen, zu *Elektrometern* oder *Elektroskopen*. *Canton* bediente sich hierzu zweyer Kügelchen aus Kork oder Hohlundermark, die an zwey feinen Zwirnfäden so herabhängen, dass sie sich berühren. Nähert man diese Kügelchen einem elektrischen Körper, so weichen sie um so weiter auseinander, je stärker die elektrische Ladung oder Spannung ist. Das am häufigsten gebrauchte *Henleysche Quadrantenelektrometer*, welches mit seinem leitenden Fuss auf den elektrisirten Körper gesetzt oder auf eine andere Art daran befestigt wird, zeigt Fig. 55 und bedarf weiter keiner Erklärung. — Um sehr geringe Grade von Elektrizität zu messen oder vielmehr zu erkennen, bedient man sich des *Bennetschen Elektroskops*, welches aus zwey Streifen von Blattgold besteht, die an dem leitenden Deckel eines gläsernen Cylinders befestigt sind und sehr nahe, parallel an einander in den Cylinder hinabhängen. Wird diesem Instrumente durch den leitenden Deckel nur der geringste Grad von Elektrizität, z. B.

durch eine vorbeyziehende leichte Wolke, durch Reiben mit einem Federkiele, durch Verdünsten von Wasser, mitgetheilt; so weichen die Goldblättchen aus einander. Wegen seiner zu grossen Empfindlichkeit ist es bey grösseren Graden von Elektrizität gar nicht mehr anwendbar.

Über Langenbuchers, Achard's, De Luc's, Brooks, Cavallo's, Saussure's Elektrometer siehe „*Dokt. Heidmanns Theorie der Elektrizität*" Wien 1799. Durch seine elektrische Wage (*Hauy's Anfangsgründe der Physik, übersetzt von Weiss* S. 518 u. d. f.) sucht Coulomb zu beweisen, dass die elektrische Anziehung und Abstossung abnehmen, wie die Quadrate der Entfernungen zunehmen. In dem eben erschienenen 11ten Hefte 1814 von Gilberts Annalen der Physik verspricht Örstedt zu beweisen, dass die elektrische Anziehung und Abstossung einem andern Gesetze unterworfen sind.

327. Die nähmlichen Instrumente können auch dazu dienen, die *Art* des elektrischen Zustandes eines Körpers zu erforschen. Man setzet nähmlich das Elektrometer durch eine bekannte Art von Elektrizität in Thätigkeit, und bringt es dann mit dem Körper von unbekannter Elektrizität in Verbindung. Steigt nun das Elektrometer noch mehr, so hat der letzte Körper mit dem ersten gleichen elektrischen Zustand, fällt es, so hat er die entgegensetzte Elektrizität. Wenn z. B. die zwey Goldblättchen am Bennetschen Elektroskope durch die — E. einer geriebenen Siegellackstange aus einandergetrieben worden sind, und man bringt ein mit Flanell geriebenes, mattgeschliffenes Glas in die Nähe desselben, so gehen die Blättchen noch mehr auseinander: bey Annäherung einer auf dieselbe Art geriebenen polirten Glastafel fallen die Goldblättchen zusammen; folglich hat das mattgeschliffene Glas — E., das polirte + E. Oder man bringe an das von einer unbekannten Elektrizität in Bewegung gesetzte Elektroskop eine geriebene Siegellackstange: fallen die Blättchen zusammen, so war

jene Elektrizität positiv; fahren sie fort aus einander zu weichen, so war sie negativ.

Mittheilung der Elektrizität.

328. Wenn zwey isolirte Leiter von verschiedenen elektrischen Zuständen auch nur in Einem Punkte mit einander in Berührung kommen; so setzet sich die elektrische Materie augenblicklich zwischen beyden ins Gleichgewicht, so dass beyde unmittelbar darauf gleichen elektrischen Zustand zeigen. Ist einer der Körper positiv, der andere negativ oder natürlich elektrisch, so gibt der positive an den andern so viel elektrische Materie ab, dass der natürlich elektrische positiv, der negativ elektrische aber entweder natürlich oder auch positiv elektrisch wird. Durch dieses Abgeben verliert der erste Körper seinen elektrischen Zustand entweder ganz oder zum Theil: beyde zusammen enthalten aber nach der Berührung dieselbe Menge elektrischer Materie, als sie vor der Berührung besassen. Ein Körper mit + E. muss an einen andern, natürlich elektrischen (mit o Elektrizität) zur völligen Herstellung des Gleichgewichts um so mehr elektrische Materie abgeben, je grösser, bey was immer für einer Masse, die Oberfläche des letzteren ist. Die *Sättigungscapacität* der Körper für die elektrische Materie richtet sich also nach der Oberfläche oder Ausdehnung und nicht nach der Masse. — Ist einer der Körper ein Nichtleiter, so erfolgt die Mittheilung viel schwieriger und nur immer in dem Punkte der Berührung. Ist der Körper mit + E. ein Nichtleiter z. B. eine Glasscheibe, und man berührt sie mit der grössten Fläche einer natürlich elektrischen polirten Metallplatte; so gibt jene von ihrer Elektrizität fast gar nichts an die Metallplatte ab; erhält aber auch nichts, wenn die Metallplatte positiv elektrisch, sie selbst natürlich oder negativ elektrisch ist.

Berührt man die + elektrische Glastafel mit der Kante oder mit den Spitzen eines natürlich elektrischen Leiters; so gibt die Glastafel wohl elektrische Materie an diese Kanten oder Spitzen ab, allein nur die zunächst im Berührungspunkte vorhandene; die übrigen, selbst benachbarten Theile der Glastafel behalten ihre Elektrizität. Unter denselben Bedingungen und mit denselben Einschränkungen nimmt ein o oder — elektrischer Nichtleiter von einem + elektrischen Leiter elektrische Materie an.

329. Der Grund dieser Mittheilung ist in der Expansivkraft der elektrischen Materie, wie auch darin zu suchen, dass eine ponderable Materie, die weniger elektrische Materie besitzt, dieselbe, nach den allgemeinen Verwandtschaftsgesetzen, mehr anzieht, als eine andere ponderable Materie, die davon mehr besitzet. Da die Abstossung der Theile der elektrischen Materie unter einander, wie auch die wechselseitige Anziehung zwischen den elektrischen und den ponderablen Materien sich schon auf eine gewisse Entfernung äussert: so muss die Mittheilung auch schon in dieser Entfernung Statt finden. Dieses geschieht auch wirklich, wenn kein Hinderniss, d. h. kein Nichtleiter diese Mittheilung hindert: also nur im luftleeren Raume oder wenigstens in sehr verdünnter Luft.

Dieses Mittheilen oder Ausströmen von elektrischer Materie im luftleeren Raume ist immer mit einer Lichtentwicklung verbunden, welche sehr viele Ähnlichkeit mit dem Nordlichte hat. Mittelst einer an beyden Enden mit messingenen Fassungen geschlossenen, luftleer gepumpten Glasröhre, die man mit der einen Fassung in der Hand hält, mit der andern einem + oder — Conductor nähert, kann man durch dieses Ausströmen der elektrischen Materie sehr angenehme Lichterscheinungen hervorbringen, die sich durch allerley Modificationen am Apparate, wodurch sie die Gestalt eines Wasserfalls, der Sonne u. dgl. erhalten, sehr vervielfältigen lassen.

330. In trockner, also schlecht leitender atmosphärischer Luft, muss die Abstossung der Theile der angehäuften elektrischen Materie unter sich, dann die Anziehung der elektrischen Materie des einen und der ponderablen Materie des andern Körpers, ehe es zur Mittheilung kommt, so gross werden, dass sie den Widerstand der Luft überwinden. Die Stärke jener Abstossung und Anziehung wächst mit der elektrischen Spannung und mit der Abnahme der Entfernung. Je grösser also die elektrische Spannung zwischen zwey Körpern ist, d. h. je mehr elektrische Materie in dem einen angehäuft und dem andern entzogen ist, auf desto grössere Entfernungen erfolgt der Übergang. Bey verschiedenen elektrischen Spannungen müssen Körper um so mehr genähert werden, ehe die elektrische Materie die Luft durchbricht und sich ins Gleichgewicht setzet, je geringer jene Spannungen sind. — Der Erfahrung zu Folge geschieht die Mittheilung der Elektrizität, wenn die elektrische Materie, um die geringste Menge des vorhandenen Hindernisses überwältigen zu dürfen, sich sehr zusammenzieht und dann in diesem zusammengepressten Zustande das Hinderniss (in dem gegebenen Falle die Luft) durchbricht, immer mit einer Art von Detonnation, mit Funken und einem eigenen Geräusche. Die Strecke, auf welche Funken aus einem elektrischen Körper gezogen werden können, heisst seine *Schlagweite*, die also, wie aus dem Gesagten erhellet, immer geringer ist als die Strecke, auf die er anziehend und abstossend gegen andere Körper wirket.

Aus dem Conductor der Teylerschen Maschine konnte man 300 Mahl nach einander 24 Zoll lange Funken von der Dicke eines Federkieles ziehen, die sich an ihren Krümmungen in viele, noch sehr beträchtliche Nebenfunken verästelten.

331. Der Übergang der elektrischen Materie erfolgt auf eine viel grössere Entfernung, wenn ein Körper

dem andern, oder wenn beyde sich *Spitzen* zukehren. Ein geladener Conductor, der z. B. gegen eine Metallfläche auf 5 Zoll Funken gibt, wird die Elektrizität gegen eine Metallspitze schon auf 10 Zoll ausströmen. Je mehr sich die Gestalt des Funkenziehenden Körpers der spitzigen Form nähert, auf desto grössere Entfernungen eignet er sich die elektrische Materie eines + elektrischen Körpers zu; also ein abgerundeter Körper auf grössere Entfernungen als ein flacher, der Knöchel des Fingers daher weiter als die Handfläche. Ja selbst Nichtleiter nehmen von und durch Spitzen leichter elektrische Materie an, und geben sie auf diese Weise leichter ab. Diess ist die Ursache, warum die der Scheibe zugekehrten Flächen der Zuleiter mit Spitzen oder scharfen Kanten besetzt werden, oder wenigstens zugerundet sind. Desswegen muss der isolirte Conductor und jeder Körper, der geladen werden soll, allenthalben so viel als möglich, abgerundet seyn, weil er durch Spitzen die erhaltene Elektrizität sogleich an die Luft abgeben, oder falls er negativ geladen werden sollte, durch dieselbe Elektrizität aus der Luft anziehen würde. Dieses geräuschlose und allmählige Abgeben der Elektrizität durch Spitzen heisst man das *Ausströmen* derselben, so wie das Aufnehmen auf diesem Wege das *Einsaugen*. An solchen ausströmenden Spitzen bemerkt man nebst einem Wehen oder Blasen wie von einem sanften Zuglüftchen, im Dunkeln einen aus bläulicht weissen divergirenden Strahlen bestehenden Lichtkegel, dessen Spitze mit der ausströmenden Metallspitze zusammenfällt (Fig. 56. x); bey einer einsaugenden Spitze bemerkt man nur einen kleinen leuchtenden Punkt um dieselbe (Fig. 56. y).

Diess gibt auch ein Mittel an die Hand, + und — E. zu unterscheiden. Ist z. B. der Conductor positiv geladen, so zeigt die an ihm befestigte Spitze den Lichtkegel; ist er negativ, den Lichtpunkt. — Da rauhe Körper, an ihrer Oberfläche

mit sehr vielen kleinen Spitzen besetzt sind, so erhellet daraus, dass zur Ansammlung von Elektrizität bestimmte Vorrichtungen polirte Oberflächen haben müssen.

332. Es sey aber ein Körper noch so gut abgerundet, ja selbst eine Kugel, seine Oberfläche sey noch so gut geglättet: so verlieret er doch nach und nach seine + oder — Elektrizität und setzet sich mit den umgebenden Körpern ins Gleichgewicht. Die Ursache davon ist die, wegen der Unvollkommenheit aller unserer Nichtleiter, die eigentlich nur schlechte Leiter sind, entspringende Unmöglichkeit einer absoluten Isolirung. So sind z. B. unsere Conductoren durch Glasfüsse und durch Luft isolirt. Die Glasfüsse, selbst wenn sie ganz trocken bleiben, leiten doch nach und nach die elektrische Materie zu oder ab, vorzüglich wenn der Conductor einen elektrischen Zustand in einem sehr hohen Grade besitzt. Durch Verlängerung der Füsse kann man dieses Ableiten wohl verzögern, aber nie ganz hindern. Noch grösser ist der Verlust, den elektrische Körper durch die umgebende Luft erleiden, da diese nie ganz trocken und ruhig ist, folglich selbst den besten durch Reiben elektrisch gewordenen Nichtleiter wieder mit den übrigen Körpern ins elektrische Gleichgewicht setzet.

Coulomb hat gefunden, dass, um zwey Conductoren von verschiedener elektrischer Spannung gleich gut zu isoliren, sich die Längen der gläsernen Träger wie die Quadrate der Spannungen verhalten müssen, d. h. dass ein Conductor von doppelter Spannung vier Mahl so lange Träger braucht als ein anderer von einfacher Spannung.

Vertheilung der Elektrizität.

333. Aus dem über die Mittheilung der Elektrizität Vorgetragenen erhellet, dass in der atmosphärischen Luft zwey elektrische Körper auf einander, oder auch elektrische Körper auf nichtelektrische d. h. natürlich oder o elektrische, schon in viel grösseren Entfernungen

anziehend oder abstossend wirken, als noch eine Mittheilung erfolgen kann; oder dass der *elektrische Wirkungs-* oder *Dunstkreis*, die *elektrische Atmosphäre* sich viel weiter als die Schlagweite erstrecket. Ist einer von den Körpern, die durch ihre elektrische Atmosphäre auf einander wirken, sehr klein und leicht, so gibt sich diese Wirkung durch Annäherung oder Entfernung desselben zu erkennen. Ist aber die Masse beyder Körper zu gross, als dass sie durch die elektrische Anziehung oder Abstossung bewegt werden könnte, und ist die Ausdehnung derselben ebenfalls beträchtlich; so zeigt sich die wechselseitige Einwirkung durch Anziehung oder Abstossung der in einem oder in beyden Körpern vorhandenen elektrischen Materie. Da nun die elektrische Materie in demselben Körper dadurch *ungleich vertheilt* wird, einige Stellen verlässt und sich an andern ansammelt: so hat man die dadurch veranlassten, höchst wichtigen elektrischen Erscheinungen unter dem Nahmen der *elektrischen Vertheilung* zusammengefasst, welche von der Mittheilung der Elektrizität, der sie immer vorangehen muss, wohl zu unterscheiden ist.

334. Wird eine + elektrische Glasröhre einem isolirten o elektrischen Conductor genähert: so wirkt die in der Glasröhre angehäufte elektrische Materie abstossend auf die in dem isolirten Leiter vorhandene: die letzte sucht sich also von der Glasröhre so weit als möglich zu entfernen, verlässt die der Glasröhre am nächsten liegenden Stellen des Leiters, welche wir sein vorderes Ende heissen wollen, und häuft sich an dem entgegengesetzten Ende an. Dadurch muss dieser Leiter am hintern Ende positiv, am vordern aber negativ elektrisch werden, und zwar in einem um so höhern Grade, je mehr die positiv elektrische Glasröhre genähert wird, ohne dass elektrische Materie überschlägt. Dieses kann mittelst des Elektrometers bewiesen werden; denn wenn an beyden Enden zwey Korkkügelchen an Zwirnfäden

herabhängen, so weichen sowohl die vordern als die hinteren aus einander; die hinteren werden aber von einer geriebenen Glas-, die vordern von einer geriebenen Siegellackstange abgestossen. Entfernt man die Glasröhre, so hören die beyden elektrischen Zustände an den entgegengesetzten Enden des Conductors sogleich auf und der ganze Conductor wird wieder natürlich elektrisch d. h. gibt nirgends ein Zeichen, weder von + noch — E. Nähert man dem Conductor, während er noch in dem elektrischen Wirkungskreise der Glasröhre ist, an dem hintern Ende den Finger oder einen andern Leiter, so schlägt ein Funke über: entfernt man nun eher den Finger, dann die Glasröhre, so ist der Conductor elektrisch und zwar negativ elektrisch, weil er von seiner natürlichen elektrischen Materie etwas an den Finger abgegeben hat, ohne andere dafür bekommen zu haben. — Wiederhohlt man dieselben Versuche, nur dass man statt der geriebenen Glasröhre eine geriebene Siegellackstange, also einen — elektrischen Körper, anwendet; so wird die im Conductor vorhandene elektrische Materie von der ponderablen Materie der Siegellackstange angezogen, sie verlässt also die entfernteren, hintern Stellen, und sammelt sich in den Theilen an, welche der Siegellackstange am nächsten liegen. Das hintere Ende des isolirten Conductors wird daher in diesem Falle negativ, das vordere positiv elektrisch. Wird die Siegellackstange ohne vorhergegangene leitende Berührung des Conductors entfernt, so bleibt derselbe natürlich elektrisch, vor der Entfernung der Siegellackstange berührt positiv elektrisch zurück. Daraus folget der Satz: *So lange ein isolirter o elektrischer Leiter sich in der elektrischen Atmosphäre eines andern + oder — elektrischen Körpers befindet, hat er mit demselben den gleichen elektrischen Zustand; nach der Entfernung des + oder — elektrischen Körpers den natürlich elektrischen Zustand, wenn der Leiter vor der Entfernung nicht berührt*

wurde; den entgegengesetzten elektrischen Zustand, wenn er vor der Entfernung des positiv oder negativ elektrischen Körpers mit einem andern Leiter berühret wurde.

Durch die Nähe eines sehr stark + oder — elektrischen Körpers kann ein schwach — elektrischer Leiter + und ein schwach + elektrischer Leiter — erscheinen. — Auf dem elektrischen Wirkungskreise beruhet es, dass ein Elektrometer den elektrischen Zustand schon anzeiget, ehe es den Körper noch wirklich berühret, sondern nur in der Nähe desselben, in seinem elektrischen Dunstkreise sich befindet. Die elektrische Sphäre, in welcher die Körper vertheilend auf einander wirken, ist desto grösser, je grösser die Spannung derselben ist. — Ist der in der Wirkungsphäre eines elektrischen Körpers befindliche Leiter nicht isolirt, so kann sich die zurückgestossene elektrische Materie in seinem entfernten Ende nicht anhäufen, sondern entweicht in die übrigen Körper, mit denen er in leitender Verbindung stehet. Eben so kann durch Anziehung der elektrischen Materie gegen den — elektrischen Körper zu, in den entferntern Theilen des Leiters kein Mangel entstehen, weil das Zuströmen von elektrischer Materie aus den umgebenden Körpern diesen Verlust sogleich wieder ersetzet. Auf eben demselben Wege setzet sich auch der Leiter nach Entfernung des elektrischen Körpers sogleich wieder mit den übrigen Körpern ins Gleichgewicht. Daraus folgt auch, dass ein isolirter Leiter, wenn er während der Gegenwart des elektrischen Körpers mit einem Leiter berühret wird, kein Zeichen des elektrischen Zustandes gibt, so lange der elektrische Körper in derselben Nähe bleibt; wie auch dass er kein elektrisches Zeichen geben kann, wenn der Leiter länger in Berührung als der elektrische Körper in der Nähe bleibt.

335. Wenn ein natürlich elektrischer Nichtleiter in die Sphäre eines + oder — elektrischen Körpers gebracht wird; so kann wegen des Widerstandes, welchen der Nichtleiter der Bewegung der elektrischen Materie leistet, die Vertheilung auf der Oberfläche desselben nicht so gut von statten gehen und sich auch nicht so weit erstrecken, als an einem Leiter; allein sie erfolgt dessen ungeachtet, und zwar durch die Substanz des

Nichtleiters, welche zwar die Mittheilung d. h. den *Durchgang*, aber nicht die Vertheilung d. h. das *Durchwirken* der elektrischen Materie hindert. — Wenn also ein positiv elektrischer Körper der einen Fläche einer Glasscheibe genähert oder damit in Berührung gebracht wird; so stösst er die auf dieser Fläche vorhandene Portion der natürlich elektrischen Materie des Glases zurück und nöthigt sie etwas tiefer in das Glas einzudringen. Die auf der entgegengesetzten Seite der Glastafel vorhandene elektrische Materie wird, wenn die Dicke der Tafel sich nicht über den elektrischen Wirkungskreis des genäherten positiv elektrischen Körpers erstreckt, gleichfalls abgestossen, und muss desshalb aus dem Glase mehr heraustreten, freyer werden. Steht die hintere Fläche mit keinem Leiter in Verbindung, so kehrt der natürlich elektrische Zustand zurück, sobald der + elektrische Körper entfernt wird. Wird aber die hintere Fläche während der Gegenwart des + elektrischen Körpers an der vordern, mit einem Leiter berührt, so gibt sie etwas von ihrer herausgetriebenen elektrischen Materie ab, und wird der Leiter eher als der + elektrische Körper entfernt, so ist die hintere Fläche negativ elektrisch. — Dasselbe muss auch geschehen, wenn eine von den Flächen durch Reiben unmittelbar elektrisch gemacht wird: die entgegengesetzte Fläche wird vor der Berührung mit einem Leiter immer den nähmlichen nach der Berührung den entgegengesetzten elektrischen Zustand haben.

Damit sich der elektrische Zustand auf den Flächen des Nichtleiters gleichförmiger verbreiten kann, werden die Glastafeln, mit denen man diese Versuche anstellen will, gewöhnlich an beyden Seiten mit einem Leiter z. B. mit Staniol bekleidet; jedoch so, dass diese Bekleidung sich nur auf Einen oder mehrere Zolle vom Rande erstrecket, damit nicht durch dieselbe die elektrische Materie von einer Fläche auf die andere überfliessen könne. Wenn mehrere auf diese Weise *belegte Glastafeln* auf einander gelegt, und die er-

ste an ihrer oberen Belegung positiv elektrisch gemacht wird, dann die Glastafeln aus einander genommen werden; so wird jede an ihrer oberen Fläche positiv, an ihrer unteren negativ elektrisch seyn.

336. Der elektrische Körper, der auf die beschriebene Art die Phänomene der Vertheilung an den in seinem Wirkungskreise befindlichen Körpern hervorbringt, erleidet nach dem Gesetze der gleichen Wirkung und Gegenwirkung auch eine Veränderung in seinem elektrischen Zustande. Ist dieser Körper z. B. positiv elektrisch, so verwendet er einen Theil der abstossenden Kraft seiner angehäuften elektrischen Materie, um die elektrische Materie der in seinem Wirkungskreise vorhandenen Körper zurückzustossen oder in ihnen die Vertheilung hervorzubringen: mit diesem Theile kann er nun keine anderen Wirkungen leisten. Dann wird dieser Theil auch von der ponderablen Materie der andern im elektrischen Wirkungskreise vorhandenen Körper angezogen und folglich auch dadurch *gebunden*. Hat der elektrische Körper — Elektrizität, so wird seine ponderable Materie mit der Anziehung der elektrischen Materie jener natürlich elektrischen Körper, die sich in seinem Wirkungskreise befinden, beschäftigt und die ihm noch übrig gebliebene geringere Menge von elektrischer Materie, theils durch Verminderung der Anziehung, die sie von seiner ponderablen Materie erleidet, theils durch die Abstossung, welche die aus fremden Körpern angezogene elektrische Materie auf sie ausübet, etwas freyer. In beyden Fällen nimmt dadurch die Intensität des elektrischen Zustandes etwas ab, wodurch der positiv elektrische Körper geschickt wird, noch eine Portion der elektrischen Materie aufzunehmen; dem negativ elektrischen Körper aber durch die vorher fruchtlos angewandten Mittel noch eine Portion seiner elektrischen Materie entzogen werden kann. Man druckt dieses kurz durch folgende Formel aus: *Die Capacität für die Elek-*

trizität nimmt in dem vertheilend wirkenden Körper eben so zu, wie seine Intensität abnimmt. Wie aber der leitende Körper, auf welchen der elektrische vertheilend wirkt, aus seinem Wirkungskreise genommen wird, erreicht die Intensität seines elektrischen Zustandes wieder den vorigen Grad, und die Capacität nimmt in eben dem Verhältnisse ab.

Wenn z. B. eine isolirte Metallplatte durch eine gewisse Maschine nur so weit elektrisirt werden kann, dass das auf ihr angebrachte Henleysche Elektrometer 60 Grade zeigt, und man bringt diese Metallplatte dann in die Nähe eines anderen leitenden Körpers, z. B. über eine Tischplatte; so wird die Metallplatte sogleich vertheilend auf die Tischplatte wirken und das Elektrometer wird fallen, z. B. nur 40° zeigen: 20° sind also durch die Operation der Vertheilung gebunden worden. Entfernt man die Metallplatte von der Tischplatte, so steigt das Elektrometer wieder auf 60°. Wird die Metallplatte, während sie noch in der Nähe des Tisches vertheilend wirkt, das Elektrometer also 40° zeigt, mit dem Conductor der vorigen Maschine in Verbindung gebracht; so nimmt sie noch 20° E. an, und das Elektrometer zeigt 60°. Entfernt man aber jetzt die Metallplatte, so werden die vorher gebundenen 20° auch frey, und das Elektrometer steigt auf 80°.

337. Die Vertheilung unterscheidet sich dadurch auffallend von der Mittheilung, dass jene immer den entgegengesetzten Zustand in den Körpern hervorzubringen sucht, die letztere hingegen sie in denselben elektrischen Zustand versetzet. In der Atmosphäre eines positiven Körpers kann man negativ, in der Atmosphäre eines negativen Körpers positiv elektrisiren. — Die Kenntniss dieser Eigenschaften des elektrischen Wirkungskreises, und einige Fertigkeit in den darauf gegründeten Vorstellungen, ist in der Elektrizitätslehre von der äussersten Wichtigkeit; denn darauf beruht die Einrichtung und Erklärung der vorzüglichsten elektrischen Instrumente: des Elektrophors, der Kleistischen Flasche und des Condensators.

Elektrophor.

338. Der Elektrophor (Electrophorus perpetuus, beständiger Elektrizitätsträger) von dem Professor der Physik zu Pavia, *Alexander Volta* erfunden, besteht aus zwey Haupttheilen, nähmlich aus der *Basis* und dem *Deckel*. Die Basis besteht wieder aus der leitenden *Form* und aus dem nichtleitenden *Kuchen*; der Deckel aus der leitenden *Platte* und der nichtleitenden *Handhabe*. Die Form, auch Schüssel oder Teller genannt, ist eine Platte aus Metall, oder aus Holze mit Stanniol bekleidet, mit einem einige Linien hohen Rande. In diese Form wird eine geschmolzene, aus 5 Theilen Schellack (lacca in tabulis), 3 Theilen Mastix, und 2 Theilen venedschen Terpenthin bestehende Harzmasse) gegossen, so dass sie dem Rande der Form gleich stehet, ohne sie zu bedecken. Die Oberfläche dieses Kuchens, (so heisst man die eingegossene Harzmasse wird nach dem Erstarren durch Überfahren mit einem heissen Eisen gut geglättet. Der Deckel ist eine metallene oder hölzerne, mit Stanniol bekleidete Platte, *Deckelplatte*, deren Durchmesser um einige Zoll kleiner als derDurchmesser des Harzkuchens ist, und die entweder mit einer gläsernen oder mit einer aus seidenen Schnüren bestehendeu, nichtleitenden Handhabe *Deckelhandhabe* versehen ist.

Man kann sich als Basis auch anderer Substanzen bedienen, so ist z. B jedes belegte Spiegelglas die Basis eines Elektrophors, welches aber, wenn es vor dem Gebrauche mittelst eines mit Amalgam eingeriebenen Leders gerieben, und das Glas dadurch + elektrisch gemacht worden war, immer gerade die entgegesetzten elektrischen Zustände von denjenigen hervorbringt, die durch den Harzelektrophor erzeugt werden. Der Harzelektrophor ist wegen seiner länger anhaltenden Wirksamkeit vorzuziehen.

339. Soll der Elektrophor in Thätigkeit gesetzt werden, so muss der Kuchen vorher mit Tuch gerieben

oder, noch besser, mit einem Fuchsschweife geschlagen werden. Dadurch wird der Kuchen negativ elektrisch, und der Elektrophor bringt nun folgende Erscheinungen hervor:

1. Wird der Deckel auf den Harzkuchen gesetzt und ohne leitende Berührung mittelst der nichtleitenden Handhabe wieder weggenommen, so zeigt er keinen elektrischen Zustand.

2. Wird der Deckel, während er auf den Kuchen der *nichtisolirten Basis* liegt, mit einem Leiter z. B. mit dem Finger, berührt, so zeigt sich ein kleiner schneidender Funke, darauf aber auf keine Art mehr irgend ein Zeichen von Elektrizität. Hebt man aber den Deckel nach dieser Berührung mittelst der nichtleitenden Handhabe auf: so schlagen aus demselben bey der Annäherung des Fingers wieder Ein oder mehrere lebhafte, stechende Funken, so wie aus einem positiv geladenen Conductor über.

3. Berührt man den auf der Basis liegenden Deckel und die Form zugleich, so erhält man eine Erschütterung, und der nach einer solchen Berührung aufgehobene Deckel gibt noch lebhaftere Funken, als wenn der Deckel allein berührt worden ist.

4. Hebt man den berührten Deckel vom Kuchen auf, und setzet ihn wieder auf denselben zurück, ohne ihn in der Zwischenzeit berührt zu haben; so ist wieder alles todt.

5. Der Deckel hat auf dem Kuchen liegend vor der Berührung mit dem Kuchen dieselbe, also — E., nach der Berührung in die Höhe gehoben, gerade entgegengesetzte, also + E.

6. Reibt man den Kuchen der isolirten Basis, so erhält der Kuchen sowohl als die Form — E. Berührt man die Form, so entsteht ein Funke und die Form verliert ihren elektrischen Zustand. Setzet man nun den Deckel auf: so findet man die Form positiv, den Dek-

kel negativ elektrisch. Berührt man jetzt den Deckel, so verliert dieser seine — E.; die + E. der Form nimmt aber noch zu. Berührt man darauf die Form mit einem Leiter, so erhält man Funken und ihre Elektrizität verschwindet. Hebt man endlich den Deckel in die Höhe, so ist dieser +, die Form aber — elektrisch.

Aus dem Gesagten erhellet, dass der Elektrophor alle Wirkungen einer Elektrisirmaschine leistet; und da alle diese Versuche, vorzüglich bey trockner Luft, Monathe lang wiederhohlt werden können, ohne den Kuchen aufs Neue reiben zu dürfen; so bedient man sich des Elektrophors häufig statt der Elektrisirmaschinen, wie z. B bey unsern mit Hydrogengas gefüllten Zündmaschinen.

340. Alle diese Erscheinungen des Elektrophors finden in der Lehre von dem elektrischen Wirkungskreise und der dadurch bewirkten Vertheilung der Elektrizität ihre Erklärung, die man auch bey allen leicht finden wird, sobald nur der Zusammenhang einiger dieser Erscheinungen mit der genannten Eigenschaft der Elektrizität nachgewiesen ist. — Durch das Reiben wird der Harzkuchen negativ elektrisch; der darauf gelegte Deckel kommt also in einen — Wirkungskreis und wird desswegen an seinem obern Theile selbst — elektrisch, ohne jedoch von seiner natürlich elektrischen Materie das Geringste zu verlieren, weil ein flacher Leiter von einem flachen Nichtleiter weder elektrische Materie annimmt, noch solche an ihn abgibt (§. 328). Durch das Berühren mit einem Leiter, geht aus diesem in den scheinbar negativ elektrischen Deckel elektrische Materie über, (daher der Funke) und der Deckel erhält nun nebst seiner natürlichen Elektrizität auch diesen Zuwachs. Wird der Deckel nun aufgehoben, also aus dem — Wirkungskreise entfernt, so äussert sich dieser Überschuss, und der Deckel erscheint + elektrisch. So wie der — Wirkungskreis des Harzkuchens auf den Deckel wirkt, so wirkt er auch durch seine ganze Masse, (daher etwas

schwächer) auf die Form. Es wird in dieser auch ein Theil ihrer natürlichen elektrischen Materie gebunden, eben so viel den umliegenden, leitenden Körpern entzogen, und die Form also + elektrisch. Dieser positiv elektrische Zustand muss sich äussern, sobald der Deckel auf den Kuchen gelegt wird, weil nun der Kuchen nicht mehr mit der ganzen Kraft seines Dunstkreises auf die Form wirkt, sondern mit einem Theile derselben die Vertheilung der Elektrizität in dem Deckel bewirkt. Berührt man nun Deckel und Form zu gleicher Zeit, so erhält man, wie jederzeit, wenn elektrische Materie aus einem + elektrischen Körper in einen — elektrischen überströmet, eine Erschütterung. Ist die Form isolirt, so verhält sie sich gerade so wie der Deckel, nur dass sie dessen Veränderungen, wegen der grösseren Entfernung von der oberen, elektrischen Fläche des Kuchens, in einem geringeren Grade erfährt. — Da der Kuchen weder dem Deckel noch der Form Elektrizität mittheilt, sondern nur macht, dass sie dieselbe von Aussen bekommen; so lässt sich daraus die langedauernde Wirksamkeit des Elektrophors erklären.

341. Man kann auch den Harzkuchen positiv elektrisch machen, wenn man einen metallenen Ring von wenigen Zollen im Durchmesser und in der Höhe darauf setzet und, nachdem man ihn mit dem Conductor einer thätigen, positiven Maschine in Verbindung gebracht hat, mit einer Siegellackstange auf dem Harzkuchen herumführt. In diesem Falle trifft alles ein, was von dem vorigen, mit einem Fuchsschweife gepeitschten Elektrophor gesagt worden ist, nur dass man statt positiv überall negativ, und statt negativ positiv setzen muss. Auf diese Weise kann man in derselben etwas längeren Form einen positiven und einen negativen Elektrophor neben einander haben, und man kann den positiven mittelst der Funken in Thätigkeit setzen, die man aus dem aufgehobenen Deckel des negativen zieht. Einen positiven

Elektrophor kann man von einem negativen durch die sogenannten *Lichtenbergischen Figuren* unterscheiden. Auf dem positiven Harzkuchen bildet nähmlich darauf gesiebter oder gepuderter, feiner Harzstaub strahlende Figuren oder Sonnen, auf dem negativen Harzkuchen hingegen nur grössere oder kleinere Zirkelbögen, Monde.

Geschmolzener Schwefel oder Chocolate, welche in isolirten metallenen Schüsselchen erstarren; Bley und Zinn, welche in gläsernen Ingussen erkalten, werden auch elektrisch. Einige halten die durch das ungleiche Zusammenziehen während des Erkaltens veranlasste Reibung für hinlänglich, Elektrizität zu erregen: wir werden aber später sehen, dass beym Formverändern mehrerer Körper sich elektrische Erscheinungen zeigen.

Über den Elektrophor verdient vorzüglich nachgelesen zu werden: *Johann Ingenhouss Anfangsgründe der Elektrizität. „hauptsächlich in Beziehung auf den Elektrophor.* Aus dem Englischen übersetzt von Molitor. Wien 1781.

Kleistische Flasche.

342. Diese elektrische Vorrichtung hat den Nahmen von ihrem Erfinder, Dohmherrn Kleist (1745). Sie heisst auch *Leidner-* oder *Verstärkungsflasche*. Man kann hierzu jede gläserne Flasche brauchen, der man inwendig und auswendig einen Überzug von Metall zu geben im Stande ist. Diese Metallbelegung darf aber an keiner Seite bis an die Mündung reichen, sondern sowohl von innen als von aussen oben einen unbelegten Raum von mehreren Zollen lassen. Um diesen unbelegten Theil des Glases, auf dessen nichtleitende Eigenschaft hier sehr viel ankommt, vor dem Anziehen von Feuchtigkeit zu schüzzen, überzieht man ihn gewöhnlich mit einem Firniss aus Siegellack. Die äussere Belegung geschieht meistens mit Stanniol, und damit die innere auf dieselbe Weise geschehen könne, wählt man Flaschen mit sehr weiten Öffnungen. Durch den Stöpsel oder Deckel dieser Öff-

nung geht ein Metalldrath, der oben sich in eine Kugel, unten aber, um die nothwendigen Berührungspunkte mit der inneren Belegung zu vermehren, in mehrere Metallkettchen oder doch wenigstens Windungen endigt. Alle Ecken und Spitzen müssen aufs Sorgfältigste vermieden werden. Fig. 57 stellt eine Kleistische Flasche vor, deren äussere Belegung bis n reichet.

343. Will man eine Kleistische Flasche laden, so nimmt man sie mit der äusseren Belegung in die Hand oder stellet sie auf einen Leiter und bringt ihren Knopf mit dem Conductor einer thätigen Maschine in Verbindung: die innere Belegnng erhält dadurch den elektrischen Zustand des Conductors durch Mittheilung, die äussere Belegung aber durch Vertheilung die entgegengesetzte Elektrizität. Ist die innere Belegung positiv, so ist die äussere in eben demselben Verhältnisse negativ, ist die innere negativ, so ist die äussere positiv. Es trifft hier gerade dasselbe ein, was oben §. 335. von einer an beyden Seiten mit Stanniol belegten Glastafel gesagt worden ist, die sehr gut statt der Kleistischen Flasche als elektrische Verstärkung gebraucht werden kann, indem auf die Form hier nichts ankommt. — Will man eine solche elektrische Verstärkungsflasche entladen, so muss man eine leitende Verbindung zwischen der inneren und äusseren Belegung herstellen, damit die an der positiven Seite angehäufte elektrische Materie auf die negative überströmen und durch das Ersetzen des daselbst herrschenden Mangels das Gleichgewicht herstellen könne. Da dieses sehr schnelle Überströmen, wenn es durch unsern Körper geht, immer mit einer Erschütterung verbunden ist, so nennet man die leitende Verbindung zwischen der inneren und äusseren Belegung den *Erschütterungskreis*. Diese Erschütterung oder der *Schlag* ist desto heftiger, je grösser die belegten Flächen sind, und je mehr elektrische Materie durch Mittheilung auf der einen Fläche angehäuft oder derselben ent-

zogen worden, je grösser also die elektrische Spannung ist.

344. Bey diesem Überströmen wählt die elektrische Materie jederzeit den Weg des mindesten Widerstandes, d. h. denjenigen, der aus der ununterbrochensten Reihe der besten Leiter bestehet, ohne sich an die Länge des Weges im Geringsten zu kehren. Findet sie einen Weg von Metall, so wählt sie diesen, wenn er auch bey weitem länger wäre als ein anderer von schlechteren Leitern. Da wo die Leitung unterbrochen ist, entsteht ein heller, grosser, knallender Funke, aber immer nur auf eine geringe Schlagweite. Ein Mensch kann die Flasche entladen, wenn er mit einer Hand die äussere Belegung hält oder auch nur berührt, und die andere dem Knopfe nähert. Die Erschütterung geht dann durch die beyden oberen Extremitäten und den dazwischen liegenden Theil des Rumpfes. Will man die Flasche entladen, ohne sich dieser Erschütterung auszusetzen; so bedient man sich eines metallenen, allenfalls noch mit einer gläsernen Handhabe versehenen Bogens (Fig. 56.), mit dessen einem Ende man den Knopf mit dem andern die äussere Belegung berührt, und den man desswegen *Auslader* heisst. Um den elektrischen Schlag durch Substanzen zu führen, auf die man seine Wirkung kennen lernen will, bedient man sich *Henly's allgemeinen Ausladers* (Fig. 58) d. h. zweyer, einander gegenüberstehender, isolirter Metalldräthe, die man mit dem einen, in Kugeln ausgehenden Ende über einem Harztischchen nach Belieben nähren, mittelst der Ringe am andern Ende aber mit der innern und äussern Belegung der Verstärkungsflasche in Verbindung bringen kann.

345. Wenn eine Kleistische Flasche auf einem Nichtleiter stehet, so lässt sie sich nur äusserst schwach laden, weil, wenn die innere Belegung + elektrisirt wird, die elektrische Materie von der äusseren Belegung nicht entweichen, und diese also nicht negativ elektrisch werden

kann; oder auch, weil dadurch die Capazität der inneren Belegung so gering wird, dass sie nur wenig elektrische Materie aufnehmen kann. — Eben so lässt sich eine geladene, dann auf einen Nichtleiter gestellte Flasche nicht entladen, wenn man ihren Kopf allein berührt, welches doch bey einer auf Leitern stehenden Flasche mit denselben Erscheinungen erfolgt, als wenn man einen gewöhnlichen Conductor entladet; mit Funken nähmlich, aber ohne Erschütterung. In jenem Falle aber erhält man aus dem Kopfe nur einen kleinen Funken. Berührt man darauf die äussere Belegung, so erhält man wieder einen kleinen Funken, und nun gibt bey erneuerter Berührung auch der Kopf wieder einen solchen Funken. So kann man die Flasche nur nach und nach durch wiederhohltes abwechselndes Berühren der inneren und äusseren Belegung entladen. Da nähmlich das Glas zwischen der inneren und äusseren Belegung immer einige Dicke hat; so ist der durch Vertheilung hervorgebrachte, entgegengesetzte elektrische Zustand der äusseren Belegung immer etwas schwächer als der durch Mittheilung erhaltene der inneren Belegung (§. 335). Diese Menge von elektrischer Materie, welche die Elektrizitätsintensität der inneren Belegung über die äussere erhebt, lässt sich durch die erste Berührung des Kopfes entziehen; allein die übrige Menge wird nun durch den negativen Dunstkreis der äusseren Belegung fest gehalten. Aus der nähmlichen Ursache strömt nun bey der Berührung der äusseren Belegung, etwas elektrische Materie in dieselbe über; und so geht die allmählige Entladung dann fort. — Man sieht daraus auch, dass eine elektrische Flasche desto wirksamer seyn muss, je dünner ihr Glas ist, wegen der grösseren Wirksamkeit der elektrischen Atmosphäre von einer Belegung auf die andere bey minderer Entfernung, welche eigentlich bloss durch die Dicke des Glases bestimmt wird. Allein so wie es (nach §. 330) geschieht, dass die elektrische Ma-

terie, wenn ihre Spannung einen gewissen Grad erreicht, die Luft durchbricht und in Körper von natürlichem oder entgegengesetztem elektrischen Zustande überströmt: so geschieht es auch bey Leidnerflaschen von sehr dünnem Glase, dass bey einer sehr grossen Spannung, vorzüglich wenn die Luft sehr trocken ist, die elektrische Materie den trennenden Nichtleiter, das Glas, durchbricht, und sich mit Gewalt einen Übergang von der + Belegung in die — erzwingt, welches dann hier noch in einem höheren Grade als dort, mit einem Blitze und einer dem Gewitterschlage ähnlichen Explosion verbunden ist.

Die Ladung einer Kleistischen Flasche befindet sich nicht bloss in den Belegungen, weil, wenn man bey zweckmässig eingerichteten Flaschen die Belegungen wegnimmt, die Flasche doch geladen bleibt. Die Belegung ist bloss das Mittel, die elektrische Materie auf einmahl und gleichförmig über die ganze belegte Fläche des Nichtleiters zu verbreiten. Jede entladene Leidnerflasche ist eigentlich ein Glaselektrophor.

346. Die Kleistische Flasche kann man auch mittelst des Elektrophors laden, und zwar positiv, wenn man sie an der äusseren Belegung hält und in ihren Kopf aus dem aufgehobenen Elektrophordeckel Funken überschlagen lässt, negativ, wenn man sie beym Kopfe fasst, und mit der äusseren Belegung die Funken zieht. Umgekehrt kann man auch mittelst der Kleistischen Flasche die Wirksamkeit des Elektrophors erregen oder vermehren. Wenn man nähmlich eine positiv geladene Leidnerflasche auf den Harzkuchen stellt, sie dann bey dem Kopfe fasst, und auf dem Kuchen herum führt, so wird dieser negativ. Setzet man aber die Flasche ungeladen auf den Kuchen, bringt dann ihre innere Belegung mit dem Conductor einer positiven Elektrisirmaschine in Verbindung, und führt sie mit einer Siegellackstange auf dem Kuchen herum, so wird letzterer positiv elektrisch. Man sieht daraus, dass man

einen Elektrophor mittelst einer Leidnerflasche durch sich selbst verstärken kann.

347. Mehrere Flaschen, derer Köpfe und Basen mittelst Leiter verbunden sind, heisst man eine *elektrische Batterie.* Durch diese wird die Erschütterung und überhaupt die Wirkung der elektrischen Materie beym Entladen, welches erfolgt, wenn man bey was immer für einer Flasche die innere und äussere Belegung in eine leitende Verbindung bringt, ausnehmend vermehrt. Man schätzet die Wirksamkeit einer solchen Batterie nach Quadratfuss der Belegung. Eine solche Batterie kann man auch laden, wenn man die Flaschen auf Nichtleiter stellt, und die äussere Belegung der vorderen mit der inneren Belegung der folgenden in Verbindung bringt. Der Fall ist dann genau derselbe, als der §. 335 mit mehreren übereinander gehäuften, belegten Glastafeln.

Die zur Teylerschen Maschine gehörige Batterie besteht, nach Van Marum's Vergrösserung und Verbesserung aus 550 Quadratfuss Belegung, die durch 90 Umdrehungen der Scheibe geladen werden.

348. Die Erklärung der Eigenschaften der Kleistischen Flasche ist in dem bereits Gesagten enthalten. Die Dualisten machen sich davon folgende Vorstellung. Wenn der inneren Belegung Glaselektrizität mitgetheilt wird, so stösst diese mittelst ihres Wirkungskreises die Glaselektrizität von der äusseren Belegung fort, und zieht dafür Harzelektrizität aus den umgebenden Körpern an. Folglich wird auf der äusseren Belegung der Flasche Harzelektrizität in demselben Verhältnisse angehäuft, in welchem der inneren Belegung Glaselektrizität mitgetheilt worden ist. Je grösser diese Anhäufung von beyden Seiten, also die elektrische Spannung wird, desto mehr ziehen sich diese zwey Elektrizitätsarten an und suchen sich zu verbinden. Dieses Streben kann endlich so weit steigen, dass sie das Glas durchbrechen,

Wird, bevor diess geschieht, die innere Belegung mit der äusseren in eine leitende Verbindung gebracht, so vereinigen sich die zwey Arten von Elektrizität auf diesem für sie gebahnteren Wege, und bringen dadurch alle beym Leidner Versuch beobachtete Erscheinungen hervor. — Diese Erklärungsart wird man nun leicht auch auf das Elektrophor und die elektrische Vertheilung überhaupt übertragen können.

Condensator.

349. Wenn in den Wirkungskreis eines elektrischen Körpers ein anderer, vorzüglich ein leitender Körper kommt; so wird die Capazität des ersteren für die Elektrizität vermehrt (§. 336); er nimmt mehr Elektrizität auf, und findet sich dann, wenn der leitende Körper seinen Wirkungskreis verlässt, in einem höheren Grade elektrisch. Darauf beruht die Einrichtung des von *Volta* erfundenen und von Lichtenberg verbesserten *Condensators*, welcher den Zweck hat, die allerkleinsten Grade von Elektrizität bemerklich zu machen. — Dieses Instrument ist dem Elektrophore sehr ähnlich: es besteht nähmlich aus einer metallenen Scheibe oder Basis, auf welche drey linsengrosse Glasstückchen ziemlich weit auseinander so gelegt werden, dass sie die Winkel eines gleichseitigen Dreyeckes bilden könnten. Stellt man nun auf diese Glasstückchen einen gewöhnlichen Elektrophordeckel, so befindet sich zwischen der Metallplatte des Deckels und der Basis eine sehr dünne Schichte eines schlechten Leiters, der Luft, welche zwar die Mittheilung, aber nicht die Vertheilung der Elektrizität hindert. Berührt man den Elektrophordeckel mit einem sehr schwach elektrischen Körper, so wird der Deckel keinen bedeutenden Grad von Elektrizität zeigen, so lange er stehen bleibt: nimmt man ihn aber weg und untersucht ihn mit dem Elektrometer; so wird er einen viel

höheren Grad von Elektrizität haben, als wenn der Elektrophordeckel z. B. auf einer Glasscheibe gestanden wäre, und man ihn mit demselben elektrischen Körper berührt hätte.

350. Will man mittelst des Condensators noch kleinere Grade von Elektrizität bemerklich machen: so berührt man mit dem Deckel desselben, der bereits von dem elektrischen Körper affizirt worden ist, den Deckel eines andern, viel kleineren Condensators. Auf diese Weise kann nach Adams eine schwache Elektrizität 1000 Mahl verstärkt werden. — Aus derselben Ursache, wesswegen der Condensatordeckel mehr elektrische Materie aufnimmt, hält er auch die einmahl aufgenommene fester oder länger zurück, besitzet also, in Bezug auf Elektrizität nebst der grösseren *Capacität* auch eine grössere *Tenacität*, und kann desswegen auch als ein *Conservator* derselben gebraucht werden.

Anfänglich nahm man zur Basis des Condensators Halbleiter, z. B. Marmorplatten oder mit einer dünnen Lage Firniss überzogene Metallplatten, welche die Vertheilung zulassen, ohne doch für die Mittheilung sehr empfänglich zu seyn, und setzte dann den Elektrophordeckel unmittelbar darauf. *Bennets Duplicator*, *Cavallos Collector* u. dgl. beruhen auf denselben Grundsätzen, und sind eigentlich Condensatoren.

Wirkungen der Elektrizität.

351. Was die im Gleichgewichte stehende elektrische Materie in den Körpern für Wirkungen hervorbringt, oder welche Eigenschaften die ponderablen Stoffe dieser Materie verdanken, wissen wir nicht, weil wir bisher eben so wenig einen Körper ohne alle elektrische Materie, als ohne allen Wärmestoff haben darstellen können. — Auch die in einem Körper durch Anhäufung oder Entziehung aus dem Gleichgewichte gebrachte Elektrizität, lässt ausser jenen Phänomenen des Anzie-

hens und Abstossens und einigen davon unmittelbar abhängenden Erscheinungen, dann in der Atmosphäre des elektrischen Körpers ausser dem Gefühle, als ob man in ein Spinnengewebe gerathen sey, nichts besonderes bemerken. — Desto auffallender sind aber die Erscheinungen, welche die elektrische Materie bey ihrem Übergange aus einem Körper in den andern begleiten. Von dem grössten Theile derselben ist schon gesprochen worden; hier dürfen sie also nur zusammengestellt werden. Wenn dieser Übergang nicht in vollkommen luftleerem Raume geschieht, so ist er immer mit *Lichtentwicklung* verbunden, die desto ausgebreiteter ist, je mehr die Luft verdünnt wird. Setzet sich die Elektrizität in mehreren Körpern durch Spitzen ins Gleichgewicht, so zeigt sich an diesen ein eigenes, sanftes Licht, welches an der ausströmenden, also + Spitze einen aus divergirenden Strahlen bestehenden Luftkegel, an der empfangenden oder — Spitze aber nur einen leuchtenden Punkt, oder ein Sternchen darstellt. Wenn man die Hand oder das Gesicht der Spitze nähert, so empfindet man ein leises Wehen, in der genäherten Nase den Geruch nach Kunkelschem Phosphor, auf der Zunge an der + Spitze einen sauren, an der — Spitze einen alkalischen Geschmack. Wenden sich die Körper, derer Elektrizität sich in der gewöhnlichen atmosphärischen Luft ins Gleichgewicht setzen soll, flache oder abgerundete Theile zu: so bildet die überströmende Elektrizität kein fortdauerndes Licht, sondern es entsteht der sogenannte elektrische Funke, welcher nach der Stärke der elektrischen Spannung in den beyden Körpern mit verschiedenen Farben, und einem stärkern oder schwächeren blitzenden Knalle hervorbricht, sich in seiner Zickzack-Bahn mit der grössten Schnelligkeit und Heftigkeit auf den andern Körper wirft, und damit auch verlischt. — Auf diesem Wege durchbohrt er die Nichtleiter, z. B. Papier, Holz u. dgl. wenn seine Gewalt ihrer Cohäsionskraft gewach-

sen ist. Nimmt die elektrische Materie bey ihrem Übergange aus einem + elektrischen Körper in einen — elektrischen, also bey der Entladung einer Leidnerflasche oder einer elektrischen Batterie, ihren Weg durch lebendige Thiere; so empfinden diese eine, gleichfalls der elektrischen Spannung angemessene *Erschütterung*. Diese Erschütterung kann man so weit steigern, dass selbst grössere Thiere z. B. Ochsen dadurch wie vom Blitze getödtet werden. Die Ursache dieses Todes sucht man in der gänzlichen Vernichtung der Reitzbarkeit. In unlängst getödteten Thieren, die noch nicht alle Reitzbarkeit verloren haben, bringt das Durchleiten der Elektrizität Zuckungen hervor. Der elektrische Funke macht das Thermometer steigen, wenn man dessen Kugel mit Stanniol belegt. Er entzündet leichtentzündliche Substanzen, z. B. Hydrogengas, (worauf zum Theil die Einrichtung unserer gewöhnlichen Zündmaschinen beruhet), Knallluft (elektrische Pistole), Äther, Alkohol, mit Harz oder Lycopodium saamen bepuderte Baumwolle, Zunderschwamm u. dgl. Die Entzündung erfolgt leichter, wenn die Leitung durch dergleichen Substanzen nur unvollkommen oder öfter unterbrochen ist. So entzündet sich Schiesspulver leichter, wenn der elektrische Funke mittelst eines feuchten Zwirnfadens, durch dasselbe geführt wird, als wenn man ihn mittelst eines Metalldrathes durchleitet. Er macht Metalldräthe glühend, wenn diese so dünn sind, dass sie die übergehende Menge von elektrischer Materie nur mit Beschwerde leiten können; er oxydirt, schmilzt und verflüchtigt sie. Mittelst der Teylerschen Elektrisirmaschine wurden 60 Fuss, $\frac{1}{150}$ Zoll dicker Eisendrath, ja selbst die scharfen Ränder von Quarzstücken geschmolzen. Stahl läuft blau an und wird magnetisch. — Auf die Modification der chemischen Verwandtschaftseffecte hat die Elektrizität einen grossen Einfluss. Zusammengesetzte Körper z. B. Wasser, Ammoniak werden dadurch zerlegt, auch ei-

nige Metalloxyde reduzirt; aber nur so lange, als nicht durch die reduzirte Menge des Metalles die Leitung zu vollkommen wird. Einige gemengte, einfache Körper werden chemisch verbunden, z. B. ein Gemenge von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas, die Knallluft, zu Wasser; Oxygen- und Stickgas zu Salpetersäure. Hierher gehöret auch die Oxydation der Metalle, welche durch den elektrischen Funken selbst in den edelsten und am schwersten oxydirbaren Metallen, z. B. Gold und Platin bewirkt wird. Oxydation und Verbrennung erfordern jedoch immer den Zutritt von Sauerstoff unter irgend einer Form. Bey der galvanischen Elektrizität soll davon mehr gesagt werden.

352. Die Ärzte haben die Elektrizität auch unter die Arzneymittel aufgenommen. Die Anwendung derselben auf kranke Körper oder einzelne Organe geschieht nach 5 verschiedenen Methoden:

1. Wenn der auf einem Isolirschemmel stehende Kranke mit dem Conductor einer gewöhnlichen, in Thätigkeit befindlichen Elektrisirmaschine in Verbindung gebracht und also mit freyer elektrischer Materie ganz durchdrungen wird. Dann, sagt man, befinde sich der Kranke in dem *elektrischen Bade* oder im gelindesten Grade der elektrischen Cur. Wenn der Kranke das Bett nicht verlassen kann, so muss das ganze Bettgestell isolirt werden.

2. Dem *elektrischen Winde* (elektrischen Tuschbade) wird der kranke Theil ausgesetzet, wenn man die elektrische Materie durch Spitzen auf ihn strömen lässt. Je feiner die Spitzen sind, desto sanfter, je stumpfer sie sind, desto heftiger ist die Wirkung.

3. Das leidende Glied des isolirt elektrisirten Kranken wird mit Flanell umwickelt, und es werden dann mittelst eines sich in eine grössere Kugel endigenden Drathes *kleine Funken* ausgezogen.

4. Will man mit *stärkeren Funken* wirken, so zieht

man sie mittelst eines stumpfen Leiters aus der blossen Haut.

5. Am heftigsten wirkt die Elektrizität, wenn man die kranken Theile in dem Erschütterungskreise einer Kleistischen Flasche kleinen Schlägen aussetzet. Diese Anwendungsart erfordert aber die grösste Behutsamkeit und sehr viele Geduld. Um die Ladung der Flasche und die davon abhängende Stärke der Schläge ganz in der Gewalt zu haben, bedient man sich einer dem Lane'schen Ausladeelektrometer ähnlichen Flasche. (Fig. 59). An dem mit der inneren Belegung communicirenden Drathe A, ist mittelst einer metallenen Fassung die gebogene Glasröhre B befestigt, durch deren obere metallene Fassung der Drath C gesteckt ist und darin hin und her geschoben, also mit seinem Knöpfchen dem Kopfe der Flasche genähert oder davon entfernt werden kann. An dem Ringe D ist an einer leitenden Schnure der ebenfalls mit Knöpfchen versehene Drath E befestigt. Ein ähnlicher Drath F. ist auf dieselbe Weise mit der äusseren Belegung in Verbindung. Mit dem einen dieser isolirt angefassten Dräthe wird das kranke Glied dort berührt, wo der Schlag anfangen, mit dem andern dort, wo er aufhören soll. Durch das Nähern des Drathes C an den Kopf des Drathes A werden die Schläge schwächer, durch das Entfernen stärker: so lange die Entfernung der zwey Köpfe dieselbe bleibt, behalten auch die Schläge gleiche Stärke.

b. Von der durch Berührung erregten oder galvanischen Elektrizität.

353. Dass durch blosse Berührung einiger Substanzen elektrische Erscheinungen entstehen, bemerkte im Jahre 1790 zuerst *Alois Galvani* bey dem Anatomiren von Fröschen an den Zuckungen, welche sich zeigten, wenn ein Muskel und der zu ihm führende Nerve von zwey

verschiedenartigen, mit einander an einem Punkte in Verbindung stehenden Metallen zu gleicher Zeit berührt wurde. Schon früher (1767) hatte *Sulzer* bemerkt, dass Bley und Silber unter sich und mit der Zunge in Berührung gesetzet, auf dieser einen eisenartigen Geschmack bewirken. Man bemerkte später ein Blitzen vor den Augen, wenn man mit dem einen Ende eines Zinkstäbchens, wovon das andere Ende so weit als möglich zwischen den Backen und dem Zahnfleische hinauf geschoben worden war, ein auf der Zunge liegendes Silberstück berührte. — Galvani hielt Anfangs eine eigene, sogenannte thierische Elektrizität für die Ursache dieser Erscheinungen: *Alexander Volta* zeigte aber später, dass die Elektrizität von den Metallen komme, und bey ihrem Durchströmen die Nerven eben so reitze, wie die durch Reiben erregte Elektrizität; wesswegen er jene auch *Metallreitz* nannte. Die auf diese Weise durch Berührung erregte Elektrizität, deren Gesetze und mannigfaltige Wirkungen man nun weit besser kennt, indem man ihnen in den letzten Jahren, mit Vernachlässigung der Reibungselektrizität, fast ausschliessend nachgeforscht hat, behielt von ihrem Entdecker den Nahmen der *galvanischen* oder *des Galvanismus.*

Um Galvani's Versuch nachzumachen, muss man auf folgende Weise verfahren. Man präparire einen Frosch (Fig. 60) so, dass an den unteren Extremitäten desselben ein kleines Stück vom Rückgrathe A B nur mittelst der entblössten Nerven c d hängen bleibe. Dann entblösse man durch Abziehen der Haut auch die Schenkelmuskeln. Das Stück Rückgrath sammt einem Theil der Nerven umwickle — *armire* — man mit Stanniol oder lege auch bloss ein Zinkblech darunter; dann berühre man mit dem einen Ende eines Silberdrathes den entblössten Muskel mit dem andern Ende die Armatur des Nerven: es erfolgen so heftige Zuckungen, dass öfters das ganze Präparat in die Höhe springt. Man kann auch die Muskeln mit einem Stück Silber armiren, dann ist es gleichgültig, von was für einem Metalle der die beyden

Armaturen verbindende Drath sey. Will man den Versuch abändern, so lege man den präparirten Frosch so über die Ränder zweyer sehr nahe stehender, sich jedoch nicht berührender mit Wasser gefüllter Gläser, das die Nervenarmatur in das Wasser des einen Glases, die Füsse und Schenkel in das Wasser des andern Glases eintauchen. Berührt man nun mittelst eines gebogenen Silberdrathes die Armatur des Nerven, und steckt das andere Ende des Drathes in das Wasser, worin sich die Schenkel befinden, oder bewerkstelliget man auf eine andere Art eine leitende Verbindung zwischen dem Wasser in den zwey Gläsern: so bewegen sich die Schenkel mit einer solchen Heftigkeit, dass sie manchmahl vom Glase herabspringen. Ähnliche Versuche hat man auch mit frisch amputirten Gliedmassen von Menschen, ja mit dem Rumpfe und Kopfe Enthaupteter, dann an lebenden Thieren von allen Klassen angestellt, und jedes Mahl Zuckungen entstehen gesehen, wenn man Muskeln und die zu ihnen gehenden Nerven mit zwey verschiedenen Metallen berührte. Man zieht Frösche zu solchen Experimenten vor, weil bey diesen Thieren die Reitzbarkeit nach dem Tode am längsten anhält. Ist die Reitzbarkeit einmahl ganz verloschen, welches durch die Versuche selbst beschleunigt wird, so können keine Zuckungen mehr hervorgebracht werden.

354. Zur Erzeugung von galvanischer Elektrizität sind wenigstens 3 Körper nothwendig. Von diesen müssen entweder zwey Leiter vom ersten Range (also Metalle oder Kohle §. 313) und einer ein Leiter vom zweyten Range (also eine tropfbare Flüssigkeit), oder zwey Leiter vom zweyten Range und einer ein Leiter vom ersten Range seyn. Wenn zwey Leiter vom ersten Range, *feste Erreger*, da sind, so dürfen sie nicht ganz homogen seyn, sondern die Metalle müssen entweder ganz verschiedenartig oder, wenn zwey Stücke von demselben Metalle angewandt werden, muss das eine sich durch Temperatur, Härtung, Politur u. dgl. von dem andern unterscheiden. Eben so wenig dürfen die zwey tropfbaren Leiter vom zweyten Range, *flüssige Erreger*, ganz gleichartig seyn, wenn sie mittelst Eines Metalles

Elektrizität erregen sollen. — Eine solche Verbindung von Leitern des ersten und des zweyten Ranges, dass aus ihrer Berührung Elektrizität entsteht, heisst eine *einfache, galvanische Kette.* Diese besteht also entweder aus zwey festen Erregern und Einem tropfbaren Leiter — *galvanische Kette der ersten Art* — oder aus zwey tropfbaren Erregern und Einem festen Leiter — *galvanische Kette der zweyten Art.*

Die Ketten der ersten Art mit zwey festen Erregern, sind bey weiten die allgemeinsten; von diesen soll also hauptsächlich, von den Ketten der zweyten Art mit zwey feuchten Erregern nur dort, wo es nothwendig ist, die Rede seyn.

355. Stellt man eine Silberstange und eine Zinkstange so in ein Glas Wasser, dass sie sich nur ausser dem Wasser berühren; so hat man eine galvanische Kette, indem hier zwey heterogene Leiter vom ersten Range (Silber und Zink) auf einen Leiter vom zweyten Range (Wasser) wirken. Dasselbe geschieht auch, wenn man auf eine im Wasser liegende Silbermünze eine Zinkstange stellt; oder wenn man in ein silbernes, mit Wasser gefülltes Gefäss ein Stück Zink wirft. — Legt man auf eine Silberplatte eine mit Wasser oder Salzlauge angefeuchtete Scheibe von Löschpapier, Pappe (Pappendeckel) oder Tuch, und auf diese dann eine Zinkplatte, so tritt derselbe Fall ein, indem das Papier oder Tuch dem flüssigen Leiter nur als Behältniss dient. Die zwey Metalle werden elektrisch, und wenn man ihre durch den Condensator bemerklich gemachte Elektrizität mittelst eines empfindlichen Elektrometers untersucht, so findet man, dass sie in den zwey Metallen entgegengesetzt ist, die der Zinkplatte +, die der Silberplatte —. Das Silber heisst man daher auch den *negativen*, den Zink den *positiven Pol* der galvanischen Kette. Welches Metall in der galvanischen Kette + E., welches — E. erhält, lässt sich eben so wenig ohne

vorausgegangene Erfahrung bestimmen, als man diess von zwey Körpern vorhersagen kann, die durch Reiben elektrisch werden. In der Regel erhält das leichter oxydirbare Metall + E., das weniger oxydirbare — E. Von folgenden trocknen Erregern, welche der Erfahrung zu Folge, wirksame Glieder einer galvanischen Kette ausmachen, erhält das obere in Verbindung mit einem unteren immer + Elektrizität, und das untere daher — E. Die daneben stehenden feuchten Leiter sind ebenfalls nach ihrer steigenden Wirksamkeit geordnet.

Zink	
Eisen	Auflösungen der Salpetersäure,
Zinn	— Salzsäure,
Bley	— Schwefelsäure,
Kupfer } mit {	des Salmiaks,
Silber	— Salpeters,
Gold	anderer Neutral-
Platin	salze.
Holzkohle	

Ermann entdeckte einige unvollkommen leitende Substanzen, die als Theile der galvanischen Kette nur fähig sind, eine Art von Elektrizität zu empfangen, und nannte sie *unipolare Körper*. So nehmen vollkommen trockene Seife und die Flamme des Phosphors nur negative; die Flamme des Alkohols, Wasserstoffgas, des Wachses und Öhls nur positive Elektrizität an.

356. Die Wirksamkeit einer galvanischen Kette der ersten Art hängt sowohl von der Wahl der festen Erreger als auch des flüssigen Leiters ab. Die in der obigen Reihe am meisten von einander abstehenden Erreger geben durch ihre Verbindung die wirksamste Kette. So gibt Zink mit Silber eine wirksamere galvanische Kette als mit Zinn, und mit diesem doch noch eine wirksamere als mit Eisen. Wird zum feuchten Leiter Salpetersäure gewählt, so erhält man eine viel thätigere Kette, als wenn man dazu eine Auflösung von Neutralsalzen z. B. von Koch-

salz anwendet. Überhaupt scheint die Thätigkeitsäusserung einer galvanischen Kette von dem Grade der chemischen Einwirkung des flüssigen Leiters auf die festen Erreger und dann auch von der Differenz abzuhängen, mit welcher der feuchte Leiter auf einen der festen Erreger mehr als auf den andern wirkt. So geben Gold, Silber und Salzsäure, oder Gold, Platin und Salpetersäure keine oder eine fast unthätige Kette, weil die Salzsäure und Salpetersäure zu wenig auf die als ihre festen Erreger genannten Metalle einwirken. Gold, Silber und Salpetersäure geben schon eine gute galvanische Kette. Silber und Zink geben mit Salpetersäure eine wirksamere Kette als Kupfer und Zink, weil der Unterschied der Einwirkung der Salpetersäure auf Silber und Zink grösser ist, als der Unterschied dieser Einwirkung auf Kupfer und Zink.

Beyspiele von Ketten der zweyten Art aus zwey tropfbaren Erregern und Einem festen Leiter liefern uns Metallsalzauflösungen, welche mit Wasser vorsichtig übergossen sind (so dass die zwey Flüssigkeiten sich nicht vermischen, sondern zwey abgesonderte Schichten bilden), wenn durch beyde ein Stück Metall von derselben Art, als in der einen Flüssigkeit aufgelöset ist, gesteckt wird, z. B. salzsaure Zinnauflösung, Wasser und metallisches Zinn; salpetersaures Silber, Wasser und metallisches Silber; salpetersaures Bley, Wasser und metallisches Bley; essigsaures Bley, Wasser und metallisches Bley. Der Galvanismus in diesen Ketten gibt sich dadurch kund, dass das feste Metall an jenem Theile, mit welchem es die Metallauflösung berühret, aufgelöset wird, während sich an der Gränze der beyden Flüssigkeiten das Metall in regulinischer Dentritenform ausscheidet. *Davy* beschreibt eine andere viergliederige Kette, welche aus Kupfer, einem mit Salpetersäure getränkten, dann aus einem mit Kochsalzlösung durchdrungenen, endlich aus einem mit Schwefelleberlösung angefeuchteten Tuchlappen besteht.

357. Aus dem Gesagten erhellet bereits, dass eine galvanische Kette viele Ähnlichkeit mit einer Leidner-

flasche hat, die sich selbst ladet, und in welcher die Stelle des Nichtleiters, zwischen den beyden Belegungen (hier den zwey verschiedenartigen Metallen) der feuchte Leiter vertritt. So wie man nun eine Leidnerflasche entladet, wenn man die innere Belegung mit der äusseren durch Leiter in Verbindung bringt; so entladet man eine galvanische Kette, wenn man die zwey verschiedenartigen Metalle durch ein anderes Metall oder sonst einen Leiter z. B. durch Froschschenkel, welche zu den besten Leitern der galvanischen Elektrizität gehören, in Verbindung setzet. Man sagt dann, *die galvanische Kette* sey *geschlossen*. Weil der Prozess der Elektrizitätserzeugung, d. h. das aus dem Gleichgewichtbringen der natürlichen Elektrizität, in der galvanischen Kette immer fortdauert; so höret das Überströmen der Elektrizität von einem Metalle zum andern beym Schliessen nicht gleich auf, sondern dauert fort, so lange sie geschlossen bleibt, und die übrigen zur Thätigkeit der Kette nothwendigen Bedingungen vorhanden sind.

Volta'sche Säule.

358. So wie man durch zweckmässige Verbindung mehrerer Leidnerflaschen in eine elektrische Batterie die Wirkung der Elektrizität sehr verstärken kann: so lassen sich auch die Thätigkeitsäusserungen der galvanischen Elektrizität durch gehörige Verbindung mehrerer einzelnen Ketten bis zu einem Erstaunen erregenden Grade steigern. Eine solche Verbindung mehrerer einzelner galvanischer Ketten zu einer gemeinschaftlichen Wirkung, heisst *Volta'sche Säule (Kettenkette, Elektromotor, galvanische Batterie.)*. *Volta*, der sinnreiche Erfinder dieser Vorrichtung, verband die einzelnen Ketten senkrecht über einander, daher hat sie den Nahmen einer Säule erhalten. Um eine solche Säule zu errichten, legt man zuerst eine Zink-, dann eine Silberplatte, dar-

auf eine nur etwas kleinere Scheibe von Pappe, Tuch oder Löschpapier mit Kochsalz- oder Salmiaklauge oder mit verdünntem Scheidewasser getränkt; nun wieder eine Zinkplatte, eine Silberplatte und eine Pappscheibe, und so fort. Nur zu Ende lässt man die Pappscheibe weg, so dass sich die Säule mit Zink, Silber endiget. Fängt die Säule mit Zink an, so muss sie mit Silber aufhören; beginnt sie mit Silber, so muss sie mit Zink sich schliessen; oder die beyden Pole der Säule müssen von verschiedenen Metallen gebildet werden. Daher heisst auch der eine der Zink-, der andere der Silberpol, selbst wenn die Säule nicht aus Silber und Zink, sondern z. B. aus Kupfer und Zink (wie sie jetzt der Wohlfeilheit wegen am gewöhnlichsten sind) besteht. So wie bey den einzelnen Ketten, ist auch das Zinkende der Säule der positive Pol, das Silberende der negative. Im Schreiben bezeichnet man die Folge der Bestandtheile einer Volta'schen Säule immer mit Z. S. W. (Zink, Silber, Wasser), wenn auch jede dieser drey Substanzen durch eine andere ersetzt wäre. Weil bey der Folge Z. S. W. Z. S. W. Z. S. W. immer eine Zink- mit einer Silberplatte zusammentrifft; so werden diese theils der Bequemlichkeit wegen, theils aber auch, weil ihre genaue Berührung vortheilhaft ist, zusammen gelöthet. Jede solche auf der einen Seite aus Zink, auf der andern aus Kupfer bestehende Platte heisst eine *Doppelplatte* oder ein *Plattenpaar*. Man kann auch Säulen in dieser Ordnung bauen Z. W. S. Z. W. S. Dann braucht man zum Anfange und zum Schlusse der Säule eine einzelne Zink- und Kupferplatte. Die oberste und die unterste Endplatte sind mit Ringen und Handhaben versehen, um Dräthe zum Weiterleiten der Elektrizität daran befestigen zu können. Als Unterlage der Säule braucht man eine Glastafel oder auch nur gut getrocknetes, gefirnisstes Holz; zur Unterstützung derselben von den Seiten gläserne oder hölzerne Stäbe. Einige Nachlässig-

keit im Isoliren schadet der Wirksamkeit einer Säule nicht merklich.

Lange Zeit hielt man für ausgemacht, dass sich ohne *feuchten* Leiter keine wirksame Volta'sche Säule construiren liesse. Selbst *Zamboni*, welcher ausserordentlich lang elektrisch wirksam bleibende Säulen aus Scheiben von unächtem (mit einer Legirung von Zinn und Zink überzogenem) auf der Papierseite mit einer Schichte Braunsteinoxyd belegtem Silberpapiere, erbauete, indem er diese Scheiben so über einander legte, dass alle die Silberseite entweder nach oben oder nach unten richteten, hielt die hygrometrische Feuchtigkeit für das hierbey wirksame Prinzip im Papiere. Früher schon hatte *Behrens* Säulen aus glatten Feuersteinen, von derer entgegengesetzten Seiten die eine mit angeriebenem Zinke, die andere mit Kupfer überzogen war, bekannt gemacht. *Biot* brauchte statt des feuchten Leiters Scheiben aus geschmolzenem Salpeter (nitrum tabulatum). *De Luc* baute Säulen aus Goldpapier und verzinntem Eisenbleche. Vorzüglich aber hat sich D. *Jäger* in Stuttgart um die trockenen Säulen verdient gemacht. Er erhielt aus Säulen, in denen der feuchte Leiter durch dünne Harz- oder Firnissschichten, oder durch Seidenzeug ersetzt war, wie auch aus solchen, die er aus Glasscheiben erbaute, derer entgegengesetzte Seiten mit Zink und Kupfer belegt waren, die unzweydeutigsten elektrischen Wirkungen. Aus diesen Versuchen folgt nun offenbar, dass die zwey Erreger in der Volta'schen Säule nicht unumgänglich nothwendig durch einen f e u c h t e n L e i t e r, ja nicht einmahl durch einen L e i t e r getrennt werden müssen. Die Säulen aus belegten Glasplatten, wie auch die mit Harzschichten gleichen auffallend einem Systeme von Condensatoren. S. *Gilberts Annalen der Physik*, 1815. 1. *und* 2. *Stück*.

359. Die Wirksamkeit einer solchen Volta'schen Säule (welche die grösste Ähnlichkeit mit einer Flaschenbatterie hat, wo die innere Belegung der folgenden Flasche immer mit der äusseren Belegung der vorhergehenden in Verbindung steht und durch diese geladen wird) hängt hauptsächlich von der Wirksamkeit der einzelnen Ketten und daher auch von allen oben angegebenen, dieser Wirksamkeit günstigen Umständen ab.

Nur muss beym Aufbauen der Säule die grösste Aufmerksamkeit darauf verwendet werden, dass die Substanzen immer in der gehörigen Ordnung folgen. Wird ein einziges Mahl ein Metall statt des andern, oder eine Doppelplatte verkehrt gelegt, so wirkt die Säule nur mit der bis zu diesem Verwirrungspunkte reichenden Plattenzahl von oben und von unten, also in zwey Hälften. Das Papier darf nicht zu wenig und nicht zu viel Feuchtigkeit enthalten: im ersten Falle gebricht es an der gehörigen Einwirkung auf die festen Erreger, im zweyten Falle läuft sie an den Seiten der Säule herab und hebt die Isolirung auf. Um das zu starke Zusammendrücken dieser Papierscheiben zu verhüten, baut man die Säulen nie sehr hoch, sondern man errichtet lieber mehrere niedrige Säulen neben einander, und verbindet immer den Zinkpol der einen mit dem Silberpole der andern mittelst Metalldräthe. Mehrere auf diese Weise verbundene Säulen sind Einer Säule gleich zu schätzen, die so hoch ist, als alle verbundenen Säulen zusammen genommen. Will man mehrere, aus kleineren Platten bestehende Säulen so verbinden, dass sie in ihrer chemischen Wirksamkeit eine grossplattige Säule darstellen, so muss man die gleichnahmigen Pole derselben verbinden.

Die oben von Davy beschriebene Kette aus Kupfer, Salpetersäure, Kochsalz und Schwefelleber soll schon durch 50fache Verbindung eine sehr wirksame *galvanische Batterie der zweyten Art* geben.

360. Damit die Volta'sche Säule die möglichst grössten Wirkungen leiste, müssen nebst der genauen Beobachtung der oben angegebenen Ordnung in der Schichtung der Platten und der gehörigen Benetzung der Papp- oder Tuchscheiben noch folgende Bedingungen vorhanden seyn.

1. Die möglichst genaueste Berührung der Metall-

platten, welche durch Abschleifen, Poliren, Zusammenpressen oder durch vorsichtiges Zusammenlöthen bewirkt wird. Sobald etwas von dem feuchten Leiter dort zwischen die Metallplatten tritt, wo diese sich unmittelbar berühren sollen, wird die Wirksamkeit der Säule sehr herabgesetzet.

2. Muss der feuchte Leiter wenigstens auf eines der Metalle im höhern Grade oxygenirend wirken, als auf das andere. Daher erregt Salmiaklösung höhere Grade von Galvanismus als Kochsalzlösung; verdünnte Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure, vorzüglich aber eine Mischung aus Schwefel- und Salpetersäure wieder höhere als Salmiaklösung.

3. Müssen die Metalle in Hinsicht ihrer Oxydirbarkeit durch den angewandten feuchten Leiter sehr verschieden seyn. Platin, Gold oder Silber bildet mit Zink daher eine kräftigere Säule, als Kupfer, Zinn oder Bley mit Zink, es mag der feuchte Leiter Kochsalz- oder Salmiaklösung oder auch eine Säure seyn.

4. Darf die Einwirkung des feuchten Leiters auf die Metalle durch nichts unterbrochen oder gehindert werden. Sobald ein Metall mit einer Oxydrinde überzogen ist, höret die Wirkung auf. Daher müssen Säulen öfters aus einander genommen, und die Metallplatten wieder auf das Sorgfältigste gereiniget werden.

5. Muss ein gewisses Verhältniss zwischen der Grösse und der Zahl der angewandten Platten Statt finden: denn sonst nimmt die Wirksamkeit einer Säule durch Vermehrung der Zahl der Plattenpaare nicht verhältnissmässig zu. Soll die Säule aus vielen Plattenpaaren bestehen; so müssen diese auch einen grösseren Durchmesser haben, als wenn die Zahl der Plattenpaare nur gering ist. Zu einigen Zwecken z. B. zur Hervorbringung grosser Grade von Hitze und zu gewissen chemischen Zersetzungen haben Apparate mit Platten von grösserer

Oberfläche Vorzüge; die übrigen Wirkungen hängen mehr von der Zahl verhältnissmässig grosser Platten ab.

6. Eine günstige Beschaffenheit der Atmosphäre. Mässige Wärme, so wie bey uns in gewöhnlichen Sommertagen, befördert die Wirksamkeit der Säule: bey niedrigeren und höheren Temperaturen leidet sie Abbruch. — Weil eine Säule unter scheinbar ganz gleichen äusseren Umständen, einmahl stärker, das andere Mahl bey weitem schwächer wirket; so muss man schliessen, dass auch noch andere nicht hinlänglich bekannte oder beachtete Umstände auf ihre Wirksamkeit Einfluss nehmen.

361. Die lästigste Unbequemlichkeit der galvanischen Säulenbatterie verursacht die Oxydation der Platten, die gerade um so schneller erfolgt, je wirksamer der Apparat Anfangs ist. Um dieser Unbequemlichkeit auszuweichen, hat man die *Trogapparate* vorgeschlagen, deren Einrichtung Fig. 61 zeigt. Der Trog ist von Holz mit Fugen zur Aufnahme der Platten, oder auch noch besser von Steingut, Porzellän oder Glas mit eingeschliffenen oder eingekitteten Platten. Die Doppelplatten werden so geordnet, dass die vorhergehende ihre Kupferseite immer der Zinkseite der folgenden zuwendet, und dass, wenn die erste in a mit Zink anfängt, die letzte in b mit Kupfer endigt. In die ein oder zwey Zoll weiten Zwischenräume oder *Zellen*, wird der flüssige Leiter, gewöhnlich eine Mischung von verdünnter Schwefel- und Salpetersäure gegossen, welcher also auf einer Seite mit Kupfer auf der andern mit Zink in Berührung ist. In diesem Apparate bedecken sich die Platten nicht leicht mit Oxyde, die Flüssigkeit kann leicht heraus gegossen, die Platten gereinigt und die Zellen wieder frisch gefüllet werden. Sobald die Flüssigkeit der verschiedenen Zellen communiciret, nimmt die Wirksamkeit des Apparats ausserordentlich ab; daher müssen die Platten

sehr gut eingeschliffen oder eingekittet seyn, welches wieder eigene Schwierigkeiten hat.

362. Die genannte Unvollkommenheit des Trogapparates hat man durch den sogenannten *Becherapparat* zu vermeiden gesuchet. Er besteht (Fig. 62) aus mehreren Trinkgläsern, die, ohne sich zu berühren, sehr nahe an einander gestellt und mit dem flüssigen Leiter gefüllt werden. Die Kupfer- und Zinkplatten sind nicht zusammengelöthet, sondern hängen mittelst eines metallenen Bogens zusammen. Sie werden so in die Glasbecher gestellt, dass die zwey Platten jedes Bogens immer in zwey benachbarte Gläser zu stehen kommen: z. B. wenn die Kupferplatte vom ersten Bogen in das erste Glas getaucht ist, so steht seine Zinkplatte im zweyten Glase. In diesem befindet sich auch, ohne die Zinkplatte des ersten Bogens zu berühren, die Kupferplatte des zweyten Bogens, dessen Zinkplatte in den dritten Becher reichet. Auf diese Weise geht es nun fort, so dass in jedem Glase eine Kupfer- und Zinkplatte von zwey verschiedenen Bögen sich befindet; ausgenommen den ersten Becher, der nur eine Kupferplatte, und den letzten Becher, der nur eine Zinkplatte enthält, wie es die Figur zeigt. Die Platten müssen etwas über die Flüssigkeit herausragen. Dieser Apparat wird geschlossen, wenn man die Flüssigkeit im ersten und letzten Becher, z. B. durch einen Metalldrath, in eine leitende Verbindung bringt.

Erdmann hat einen Kapselapparat, Hauf einen Flaschenapparat, Oerstedt einen Röhrenapparat vorgeschlagen. — Mit einem vorzüglichen galvanischen Apparate, welcher die Vortheile einer grossen Plattenzahl mit denen vereinigt, die eine grosse Oberfläche der Platten gewähret, arbeitet Humphry Davy im Laboratorium der königlichen Institution zu London. Er besteht aus 200 einzelnen, mit einander zu verbindenden Apparaten. Jeder einzelne Apparat besteht aus 10 in Porzellänzellen geordneten Doppelplatten, jede von 32 Quadratzoll Oberfläche; der ganze Apparat also aus 2000

Doppellatten mit 128000 Quadratzoll Oberfläche. Die Zellen werden mit einer aus 60 Theilen Wasser, 1 Thl. Salpetersäure und 1 Thl. Schwefelsäure bestehenden Flüssigkeit gefüllt.

Wirkungen der galvanischen Elektrizität.

363. In ihren Wirkungen kommt die galvanische Elektrizität mit der gemeinen ganz überein, wenn man sich die Volta'sche Säule als eine elektrische Batterie von unermesslicher Belegung, aber sehr schwacher Ladung, die sich jedoch alle Augenblicke erneuern kann, vorstellet. Der Galvanismus leistet also die Wirkungen einer sehr grossen Menge von elektrischer Materie in dem Zustande einer sehr geringen Spannung. Man kann, eine Leidnerflasche, ja eine Batterie von mehreren Hundert Quadratfuss Belegung durch einen galvanischen Apparat augenblicklich laden; allein die Ladung bleibt immer nur sehr schwach. Man bemerkt daher bey der galvanischen Elektrizität alle jene Erscheinungen, die von der Intensität der Elektrizität, von der Stärke der Ladung oder der Spannung abhängen, in einem viel schwächeren Grade, als bey der gemeinen, durch Reiben erregten Elektrizität; dagegen aber die von der Quantität der elektrischen Materie abhängigen Wirkungen in einem viel höheren Grade.

Die elektrische *Anziehung* und *Abstossung* des Galvanismus zeigt sich vorzüglich in *Zamboni's perpetuum mobile* (Fig. 63) Zamboni stellte nähmlich zwey seiner oben §. 358 beschriebenen trockenen, in Glasröhren eingeschlossenen Säulen 4 bis 5 Zoll weit aus einander. Die Glasröhren endigen sich oben in metallene Köpfe A a, welche mit dem oberen Pole ihrer Säule in leitender Verbindung stehen. Die eine Säule hat den positiven, die andere den negativen Pol nach oben gerichtet. In der Mitte zwischen beyden Säulen steht auf einem eigenen Fusse eine senkrechte, um ihren Befestigungspunkt c in der Mitte äusserst bewegliche Nadel d f, die sich oben, ge-

nau zwischen den zwey metallenen Polknöpfen, in einen isolirten Metallring g endige. Berührt man mit dem Ringe nur Einmahl den einen Metallknopf und überlässt ihn dann sich selbst, so wird er immerfort abwechselnd von einem und dem andern Pole angezogen, und die Nadel stellt durch ihre Pendelschwingungen das perpetuum mobile dar. Zamboni besitzet einen solchen Apparat, in welchem die Nadel sich schon seit 2 Jahren, ohne die geringste Nachhülfe und ohne eine bemerkbare Abnahme, in gleichförmiger Schwingung befinden soll. Auf diese Weise liesse sich auch ein immerwährendes galvanisches Glockenspiel einrichten. S. *Kurze Erläuterung des Zamboni'schen immerwährenden Elektromotors von dem Ritter Assalini. München* 1814.

364. Aus der angeführten Ursache werden durch die Entladung einer Leidnerflasche viel heftigere *Erschütterungen* hervorgebracht, als durch das Schliessen einer Volta'schen Säule. Man erhält diese Erschütterung durch einen galvanischen Apparat, wenn man mit nassen Fingern oder mit grossen, in nassen Händen gehaltenen Stücken Metall zu gleicher Zeit die Endplatten an den beyden Polen berühret. Mittelst Dräthe, die an den beyden Polen befestigt sind, kann man die Erschütterung durch beliebige Theile des Körpers leiten. Die Erschütterung bemerkt man nur im Augenblicke der Schliessung der Kette. Lässt man nachher die Hände fortgesetzt in Berührung mit den Polen, so fühlt man keine Erschütterung mehr, sondern nur einen schwachen fortdauernden Reitz, der sich an wunden Stellen durch eine schmerzhafte Empfindung äussert. Ungeachtet sich die Erschütterungen selbst bey ziemlich grossen Apparaten selten über die beyden Arme erstrecken, sind sie doch so unangenehm und angreifend, dass ihre Wiederhohlung von grossen Apparaten nicht leicht jemand lange zu ertragen im Stande ist. — Werden lebendige, oder auch erst unlängst getödtete Thiere in den galvanischen Kreis gebracht, so äussert sich das Durchströmen der elektrischen Materie durch Zuckungen. Froschschenkel

sind wegen dieser Eigenschaft die empfindlichsten Elektroskope; denn sie werden schon von dem hundertsten Theile derjenigen Elektrizität affizirt, welche von dem besten Elektrometer angezeigt wird. Man wendet die galvanische Elektrizität auf dieselbe Art, wie die gemeine als Heilmittel gegen gewisse Krankheiten und als einen Prüfstein an, den wahren Tod, aus dem keine Rückkehr ins Leben mehr zu erwarten ist, von dem Scheintode zu unterscheiden, aus dem sie zugleich als Erweckungsmittel dient.

365. Wird die feuchte Zungenspitze in die galvanische Kette gebracht, so bemerkt man einen *stechenden Geschmack*, der säuerlich ist, wenn die Zungenwärzchen vom positiven, alkalisch, wenn sie vom negativen Pole oder dessen Verlängerungen z. B. daran befestigten Metalldräthen berührt werden. — *Lichterscheinungen* bemerkt man an einfachen galvanischen Ketten nur dann, wenn die Gesichtsnerven mit in die geschlossene Kette kommen (§. 353). Die von den zwey Polen einer grösseren Volta'schen Batterie ausgehenden Dräthe geben zwar knisternde Funken gegen einander, doch in viel geringerer Entfernung als die Funken aus einem durch Reiben elektrisirten Körper überschlagen. Davy musste die Dräthe seines vortrefflichen Apparates auf $\frac{1}{30}$ Zoll nähern, ehe Funken überschlugen. Diese Funken verhalten sich dann wie die einer Leidnerflasche: sie entzünden leichtbrennbare Körper, z. B. Phosphor, Schwefel, Hydrogen, Kohle, Schiesspulver, Alkohol u. dgl. m.

366. Weil Leiter dann erhitzt und glühend werden, wenn sie gezwungen sind, eine für ihre Ausdehnung zu grosse Menge von elektrischer Materie zu leiten: so sieht man, dass diese Wirkung von dem galvanischen Apparate, in welchem die Menge der Elektrizität immer sehr gross ist, in einem höheren Grade hervorgebracht werden muss, als von den elektrischen Reibungsapparaten. Man hat aber die Bemerkung gemacht, dass galvanische

Apparate mit grossen Platten diese Wirkung in einem bey weitem höheren Grade hervorbringen, als Apparate mit einer solchen Anzahl kleiner Platten, dass die Summe ihrer Oberflächen jene der grossen Platten viel übertrifft; dass hingegen die Fähigkeit, das Elektrometer zu afficiren, Erschütterungen und chemische Wirkungen hervorzubringen (z. B. das Wasser zu zerlegen,) mehr mit der Anzahl als mit der Oberfläche der Platten im Verhältnisse stehet. *Childerns* Trogapparat, aus 20 Doppelplatten von 1 Fuss Länge und 2 Fuss Breite, äusserte auf das Wasser, auf das Elektrometer und den menschlichen Körper keine grösseren Wirkungen, als ein Apparat aus derselben Zahl kleiner Platten: allein ein Platindrath von $\frac{1}{20}$ Zoll Dicke und 18 Zoll Länge, in den Kreis dieser Batterie gebracht, wurde augenblicklich roth, dann so hell weissglühend, dass der Lichtglanz dem Auge unerträglich war, und das Metall nach wenigen Sekunden in Tropfen herabfloss. Andere Metalle flossen noch schneller und wurden verflüchtigt. Stückchen Kohle verbreiteten ein das der Sonne übertreffendes Licht.

Auch *Davy* brachte mit seinem oben beschriebenen Apparate grosse Wirkungen hervor. Wurden an die beyden Poldräthe Stückchen Kohle von 1 Zoll Länge und $\frac{1}{6}$ Zoll im Durchmesser gebracht, dann einander bis auf $\frac{1}{30}$ Zoll genähert; so wurde ein lebhafter Funke erzeugt, und mehr als die Hälfte der Kohle auf einmahl weiss glühend. Entfernte man die Enden der Kohle 4 Zoll weit aus einander, so fand eine ununterbrochene Entladung durch die Luft Statt. Es wurde ein äusserst glänzender, nach oben gekrümmter Lichtbogen gebildet, der in der Mitte breit und konisch war. Brachte man in diesen Bogen irgend eine Substanz, so wurde sie augenblicklich glühend. Platin schmolz darin wie Wachs, Quarz, Saphir, Talkerde kamen in Fluss, Stückchen Kohle, Diamant, Graphit verschwanden augenblicklich und schienen sich im Feuer zu verflüchtigen, ohne vorher geschmolzen zu seyn. Diese Erscheinungen fanden auch in sehr verdünnter Luft unter der Glocke der Luftpumpe (in der Guerik'schen Leere) Statt. — Da man einen Platindrath mittelst

der durchströmenden galvanischen Elektrizität eine unbegränzte Zeit im Zustande des heftigsten Glühens erhalten kann: so muss man entweder annehmen, dass in dem Platindrathe (so auch in andern Metallen und ähnlichen Substanzen) eine unendliche Menge von Wärmestoff vorhanden ist, oder die Materialität der Ursache der Wärmeerscheinungen aufgeben.

367. Vorzüglich merkwürdig sind die *chemischen Wirkungen* des Galvanismus, worin er die Reibungselektrizität weit hinter sich lässt, und die sowohl zerlegend als zusammensetzend sind. Unter die vorzüglichsten dieser chemischen Wirkungen, wovon viele andere abhängen, gehöret die *Zerlegung des Wassers.* Man bemerkt diese Zerlegung schon durch einfache, galvanische Ketten. Wenn man z. B. auf eine im Wasser liegende Silbermünze ein Zinkstäbchen stellt, so wird sich das Zink schnell oxydiren, und von der Silbermünze wird ein Strom kleiner Bläschen von Hydrogengas aufsteigen, ohne dass das Silber im geringsten angegriffen wird. Die galvanische Batterie bewirkt die Zerlegung des Wassers noch schneller, und in schicklichen Apparaten kann man die beyden Bestandtheile des Wassers abgesondert in Gasgestalt darstellen. Man bedient sich dazu meistens einer V förmig gekrümmten Röhre, in deren Spitze man die Poldräthe von Platin einander gegenüber stellt; das vom — Pol aufsteigende Hydrogengas sammelt sich dann in dem einen, das vom + Pol aufsteigende Oxygengas in dem andern Schenkel der Röhre. Freyherr Joseph Jacquin hat einen Apparat zur Wasserzerlegung ausgedacht, der die Bequemlichkeit gewähret, dass man die erzeugten Gasarten einzeln näher untersuchen kann. Er ist Fig. 64 abgebildet. A c B ist eine Glasröhre, welche mittelst eines Fusses in einem Gestelle befestigt und bey c durchbohrt ist. In die Öffnung bey c ist die nach Art eines Welterschen Trichters gekrümmte Röhre c d geschliffen. Auf die beyden Enden der Hauptröhre sind

die Fläschchen Aa und Bb geschliffen. Bey x und y ist in feinen Öffnungen ein Stück Platindrath eingekittet, der sich an der einen Seite bis nach f, an der andern bis nach g verlängert. Soll der Apparat in Thätigkeit gesetzt werden, so wird er ganz mit destillirtem Wasser gefüllt, und der Drath x mit dem positiven, der Drath y mit dem negativen Pole einer Volta'schen Säule in Verbindung gebracht. Es erzeugt sich dann an der Spitze des Drathes bey f Sauerstoffgas, bey g Hydrogengas, welche in die correspondirenden Fläschchen in die Höhe steigen und das verdrängte Wasser bey d heraustreiben. Will man die Gasarten untersuchen, so bringt man den ganzen Apparat unter Wasser, nimmt die Fläschchen, worin sich das Gas befindet, herab, und prüfet es nach Belieben. — War das der Zerlegung unterworfene Wasser von aller anhängenden Luft durch Kochen befreyet, so verhält sich die Menge des erhaltenen Hydrogengas zu jener des Oxygengas dem Volumen nach nahe wie 2 : 1. Werden diese Gasarten gemengt und entzündet, so entsteht das vorige Wasser, ohne einen Rückstand von einer oder der andern Gasart zu lassen.

368. Werden statt der Dräthe von Platin solche von Kupfer, Eisen oder andern leicht oxydirbaren Metallen gebraucht: so wird der vom positiven Pol kommende Drath oxydirt. Es entwickelt sich also an diesem kein Sauerstoffgas, sondern bloss am negativen Pole Hydrogengas. Steht der negative Pol durch Tellur oder eine andere leitende Substanz, die sich mit Hydrogen verbinden kann, mit dem zu zerlegenden Wasser in Verbindung; so wird diese Substanz hydrogenirt. *Ritter* und *Brugnatelli* behaupten, auch Silber, Gold, Kupfer, Zinn auf diese Weise so mit Wasserstoff verbunden zu haben, dass diese Verbindungen sogar die Gasgestalt annahmen. Ist der Metalldrath des negativen Pols an seinem Ende oxydirt, so wird er reduzirt und Wasser gebildet. — Weil sich bey der Wasserzerlegung

durch Galvanismus das Hydrogengas immer am negativen, das Oxygengas am positiven Pole zeigt, so heisst jener auch der *Hydrogenpol*, dieser der *Oxygenpol*. *Positiver Pol*, *Zinkpol* und *Oxygenpol* sind also bey der gewöhnlichen, oben angegebenen Construction der Volta'schen Säule eben sowohl gleichbedeutend, als *negativer Pol*, *Silberpol* und *Hydrogenpol*.

Bey der Construction der Säule Z W S. Z W S. Z W S. ist das Zinkende der negative oder Hydrogenpol, das Silberende hingegen der positive oder Oxygenpol. — Die verhältnissmässige Menge des durch den galvanischen Apparat entwickelten Gas braucht man auch als Massstab für den Grad seiner *chemischen* Wirksamheit überhaupt.

369. Die Zerlegung des Wassers mittelst der galvanischen Elektrizität erklären die Unitarier, welche Franklins Hypothese auch auf den Galvanismus ausdehnen müssen, weil die Identität desselben mit der Reibungselektrizität schon durch Volta erwiesen ist, auf folgende Art. Die am positiven Pole angehäufte oder ausströmende elektrische Materie hat eine nähere Verwandtschaft zum Hydrogen, als dieses zum Oxygen: folglich verbindet sich das Hydrogen mit der elektrischen Materie, das Oxygen wird frey und also am positiven Pole in Gasgestalt ausgeschieden. Die mit Hydrogen verbundene elektrische Materie kommt aber nun zum negativen Pole, verbindet sich hier wieder mit dem Leiter und lässt das Hydrogen fahren, welches also am negativen Pole in freyer Gasgestalt emporsteigt. Nach dem dualistischen Systeme verbindet sich die + E. mit Hydrogen, die — E. mit Oxygen. Jene lässt ihr Hydrogen am — Pole fahren, indem sie sich dort mit — E. neutralisirt; diese gibt ihr Oxygen bey ihrer Neutralisation mit + E. am + Pole ab. Sollte nach dieser Erklärungsart das Freywerden von beyden Stoffen nicht vielmehr in der Mitte zwischen beyden Polen, wo sich die zwey entgegengesetzten Ströme von + E. und — E.

begegnen, Statt haben? In diesem Falle würden die zwey Gasarten nie abgesondert erhalten werden können.

370. Die Zerlegung des Wassers ist eigentlich ein Desoxydationsprozess; aber bey weitem nicht der einzige, welchen die galvanische Elektrizität einzuleiten im Stande ist; sondern diese übertrifft alle bisher bekannten desoxydirenden Mittel an Wirksamkeit. Nach *Kastner* besitzet das vom + Pole mit + E. ungeschwängerte zum — Pol kommende Hydrogen diese mächtige desoxydirende Eigenschaft. — Werden Metalloxyde in die galvanische Kette gebracht, so sammelt sich das Oxygen derselben am positiven Pole, das regulinische Metall am negativen. Auf diese Weise hat *Humphry Davy* Oxyde zerlegt, aus denen man vorher auf keinem Wege die Grundlage darzustellen vermochte; nähmlich die Alkalien. Werden Stückchen von Kali oder von Natron in mässig feuchtem Zustande zwischen die zwey Poldräthe einer starken galvanischen Batterie gebracht; so erhält man am positiven Pole Oxygengas, oder es sondert sich daselbst Hyperoxyd des Kali als eine dunkelgraue Masse ab; am negativen Pole aber glänzende Metallkügelchen, Alkalimetalloid, die man, um sie vor neuer Oxydation zu schützen, schnell und mit Vermeidung aller Feuchtigkeit, sogar der feuchten Luft, unter gereinigtes Bergöhl bringen muss. Befindet sich am negativen Pole ein Quecksilberkügelchen, so bildet es mit dem neuerzeugten Metalloide ein Amalgam. Nur auf die letzte Weise ist es bisher gelungen, ausser dem Kali und Natron, die übrigen Alkalien und Erden zu zerlegen. — Säuren, auf die nähmliche Weise behandelt, geben ebenfalls ihr Oxygen an den Zinkpol, ihre Grundlage an den Silberpol ab. Galvanisirt man Schwefelsäure, so erhält man am + Pole Oxygengas, am — Pole Schwefel; von der galvanisirten Salpetersäure am — Pole Azot, am + Pole Oxygen u. s. w.

371. Werden Körper in die galvanische Kette ge-

bracht, welche mehrere oxydirte Substanzen als Bestandtheile enthalten: so begibt sich bey der ersten Zerlegung derjenige Bestandtheil, welcher das grösste Verhältniss von Oxygen besitzet, zum positiven, der weniger Oxygenhältige zum negativen Pole. Alle Salze geben ihre Grundlage, sie sey ein Alkali, eine Erde oder ein Metalloxyd an den negativen, die Säure hingegen an den positiven Pol ab. Enthalten die Metallsalze ein sehr leicht reduzirbares d. h. vom Oxygen leicht zu trennendes Metalloxyd, wie diess bey den Gold-, Silber-, Quecksilber-, Platinsalzen der Fall ist; so erscheint am negativen Pole das Metall sogleich im regulinischen Zustande und zwar meistens als metallische Vegetation: am positiven Pole hingegen nebst der Säure auch Oxygen. Die zerlegende Kraft der Volta'schen Säule gränzt fast ans Wunderbare. Sie bewirkt die eben beschriebenen Zerlegungen nicht nur in den schwerlöslichsten Salzen z. B. im Gyps, Schwerspath, Flussspath u. dgl.; sondern sie ist auch im Stande, die Grundlagen durch die stärksten Säuren und die Säuren durch die mächtigsten Grundlagen ohne Vermischung zu den entsprechenden Polen zu führen.

Das Letzte lässt sich durch folgenden Versuch beweisen. Man fülle in die erste von drey neben einander stehenden Schalen aus Agat, schwefelsaures Kali, in die zweyte verdünnte Salpetersäure, in die dritte Wasser. Die beyden Endschalen verbinde man mit der mittleren, in welcher die Salpetersäure etwas niedriger, als die Flüssigkeit in den beyden anderen Schalen steht, mittelst angefeuchteten Asbest. In die Schale mit dem schwefelsauren Kali senke man den vom + Pole kommenden, in die Wasserschale den vom — Pole kommenden Platindrath eines galvanischen Apparates. Nach einiger Zeit wird sich das Wasser am — Pole alkalisch zeigen, ungeachtet die mittlere Schale noch immer freye Säure zu erkennen gibt. Es ist hier also das Kali des Duplikatsalzes durch die Salpetersäure zum — Pole geführt worden. Warum sollte auch die Kraft, welche das Kali von der

Schwefelsäure trennte, nicht im Stande seyn, es vor der Verbindung mit der (schwächern) Salpetersäure zu schützen?

372. Die Wirkungen des Galvanismus sind nicht bloss desoxydirend und nicht bloss auf die Zerlegung der Salze beschränkt: sondern auch andere Zusammensetzungen werden durch denselben aufgehoben, und zwar immer so, dass das Oxygen, oder die am meisten Oxygenhältigen näheren Bestandtheile, oder die dem Oxygen, wenn dieses nicht selbst da ist, am ähnlichsten Stoffe z. B. Chlorine, Iodine, Schwefel dem positiven, die brennbaren Stoffe hingegen dem negativen Pole zugeführt werden. Sind mehrere brennbare Stoffe mit einander verbunden, so wird immer der brennbarere am negativen und der andere am positiven Pole abgelagert. Durch Zerlegung der gemeinen Salzsäure erhält man am + Pole Chlorine, am — Pole Hydrogen; aus der Euchlorine am — Pole Chlorine, am + Pole Oxygen; aus der Iodinsäure Iodine am + Pole, Hydrogen am — Pole; aus dem geschwefelten Wasserstoffgas am + Pole Schwefel, am — Pole Hydrogen; aus dem Ammoniak am + Pole Azot, am — Pole Hydrogen. Das Hydrogen scheint unter den gewöhnlichen Umständen der brennbarste oder vom Oxygen am meisten verschiedene Körper zu seyn, denn es gesellet sich jederzeit zum — Pole, der von ihm auch den Nahmen führt. Auch das Glas wird durch Galvanismus zerlegt: die Kieselerde folgt dem positiven, das Alkali dem negativen Pole. Da also die festesten Aggregate und die innigsten Zusammensetzungen der Einwirkung desselben nicht widerstehen können, so ist er ohne Zweifel das kräftigste Mittel, Körper in einfachere Formen der Materie aufzulösen.

373. Doch sind die Wirkungen des Galvanismus nicht bloss zerlegend und zerstörend, sondern auch durch Beförderung neuer Zusammensetzungen bildend. So erzeugt sich Silberoxyd am + Pole, wenn man Was-

ser durch die mit Silberdräthen geschlossene Säule galvanisirt. Behandelt man schwefelsaure Salze mit einer durch Silber-, Bley-, Kupferdräthe, oder durch andere unedle Metalle geschlossene Kette: so verbindet sich die Schwefelsäure mit dem am + Pole erzeugten Silber-, Bley-, Kupferoxyd u. s. w. zu schwefelsaurem Silber, Bley, Kupfer u. s. f. Durch Galvanisiren von salpetersauren Salzen oder schwacher Salpetersäure entsteht durch Verbindung des aus dem Wasser geschiedenen Hydrogens mit dem aus der Salpetersäure erhaltenen Azot, die sich beyde am — Pole treffen, Ammoniak und aus diesem dann weiter salpetersaurer Ammoniak. Bey ähnlicher Behandlung von Salzsäure oder von salzsauren Salzen mittelst Golddräthe entsteht am + Pole salzsaures Gold. Wasser wird wieder neu gebildet, wenn man ein Gemenge von Hydrogen- und Oxygengas galvanisirt, oder wenn das Hydrogen am — Pole Oxygen z. B. einen oxydirten Drath findet.

374. Auch auf organische Körper wirkt der Galvanismus durch Oxydation, Desoxydation und vielleicht auch durch Hydrogenation. Fleisch wird am + Pole hochroth gefärbt, am — Pole hingegen durch Desoxydation entfärbt, und bey fortgesetzter Einwirkung dort sogar in Fett, hier in Gallerte verwandelt. Dabey entwickelt sich allzeit Salzsäure und Ammoniak, so wie bey ähnlicher Behandlung der Lackmustinktur, des Gummiwassers, und einiger anderer vegetabilischer Substanzen. Dieses hat früher Veranlassung zu der Behauptung gegeben, dass durch Galvanismus aus dem Wasser am + Pole Salzsäure und am — Pole Ammoniak erzeugt werde. — Für die Einwirkung der galvanischen Elektrizität auf den thierischen Körper sprechen schon die oben angeführten Erscheinungen in den Sinnesorganen. Einige der berühmtesten Physiologen haben ihr aber noch einen viel grösseren Wirkungskreis zugedacht: sie erklären die Phänomene des Lebens in gesunden und kran-

ken Organismen durch galvanische Prozesse, und gründen darauf die Anwendung des Galvanismus gegen mancherley Krankheiten.

Ritter's Beweis, dass ein beständiger Galvanismus den Lebensprozess im Thierreiche begleite. Dessen Wirkungen grösserer Volta'schen Säulen auf die Sinnesorgane. In Ritters Beyträgen zur näheren Kenntniss des Galvanismus und in Gilberts Annalen Band VII. S. 441.

Disquisitio anatomico-physiologica organismi corporis humani ejusque processus vitalis. Auctore *Georgio Prochaska* etc. etc. Viennae 1812.

375. Aus den angeführten Wirkungen des Galvanismus kann man sich mehrere, im gemeinen Leben häufig vorkommende Erscheinungen erklären: z. B. Warum Flüssigkeiten, Bier, Wein u. dgl. aus metallenen Gefässen getrunken, oft einen sehr widrigen Geschmack haben, der nicht bemerkt wird, wenn dieselbe Flüssigkeit aus einem gläsernen oder porzellänenen Gefässe getrunken wird; warum Quecksilber, nur mit einer kleinen Menge eines andern Metalles verunreinigt, an der Luft viel leichter matt d. h. oxydirt wird, als im ganz reinen Zustande; warum Gegenstände von Metall dort am ehesten zu Grunde gehen, wo sie mit einem andern Metalle zusammen gelöthet sind, vorzüglich wenn Feuchtigkeit mit ins Spiel kommt; warum Dächer von verzinntem (vorzüglich schlecht verzinntem) Eisenbleche kürzere Zeit dauern als von nicht verzinntem (schwarzem) Bleche und dgl. m.

376. So zahlreich auch die Thatsachen sind, die wir von der galvanischen Elektrizität kennen, so sind wir doch noch weit davon entfernt, dieselben durch eine befriedigende Theorie auf ein gemeinschaftliches Prinzip zurückführen, und ihren Zusammenhang mit einem solchen Prinzipe immer klar nachweisen zu können. Zuerst drängt sich die Frage auf: Wie entsteht durch

Berührung zweyer verschiedenartiger Substanzen Elektrizität? Man antwortet zwar darauf, die elektrischen Kräfte werden durch diese Berührung aus dem Gleichgewichte gebracht, durch chemische Einwirkung suche sich dieses Gleichgewicht wieder herzustellen, dadurch kommen aber wieder neue Theile der Körper in Berührung, es entsteht also wieder galvanische, und daraus abermahls chemische Thätigkeit. So gehe es im Zirkel fort, bis eine von beyden Thätigkeiten durch irgend ein Hinderniss aufgehoben wird, worauf die andere auch zugleich still stehen muss. So wenig befriedigend auch diese Antwort ist, indem sie nur die neue bisher noch gar nicht beantwortete Frage nach der Ursache der Gleichgewichtsstörung bey der Berührung zweyer heterogener Stoffe veranlasset; so ist es doch gewiss, dass die elektrische und chemische Wirksamkeit der Stoffe sich sehr nahe verwandt sind. Die Erscheinungen beyder kommen immer mit einander vor. Jene Stoffe, welche chemisch auf einander am stärksten wirken, bringen auch die lebhaftesten galvanischen Wirkungen hervor, und so umgekehrt. Es ist aber nicht wahrscheinlich, dass diese zwey Arten von Phänomenen wie Ursache und Wirkung mit einander in Verbindung stehen, vielmehr scheinen sie beyde modifizirte Wirkungsformen einer gemeinschaftlichen Ursache zu seyn, welche man bisher noch nicht näher als in den Grundkräften der Materie selbst zu finden so glücklich war. (*S. Pfaff's Revision und Kritik der bisher zur Erklärung der galvanischen Erscheinungen aufgestellten Theorien u. s. w.* In Schweiggers Journal der Chemie und Physik. B. 10. Heft. 2.)

Das vollständigste Repertorium über die galvanische Elektrizität sind: *Gren's neues Journal der Physik* und *Gilberts Annalen der Physik.* Einzelne schätzbare Aufsätze darüber finden sich in *Voigt's Magazin für den neuesten Zustand der Naturkunde* u. s. w.; dann im *Journale der Chemie* herausge-

geben von *Gehlen*, fortgesetzt von *Schweigger*. Gute Darstellungen dieser Lehre liefern:

Fischers physikalisches Wörterbuch — *Göttingen* 1801.

Cavallo's vollständige Abhandlung der theoretischen und praktischen Lehre von der Elektrizität nebst eigenen Versuchen. Aus dem Englischen mit 4 Kupfertafeln 8vo. Leipzig 1783.

Cavallo's ausführliches Handbuch der Experimentalnaturlehre. Aus dem Englischen von Trommsdorf. Erfurt. 1806.

Gren's Grundriss der Chemie. Dritte Auflage, herausgegeben von *Buchholz*. Halle und Berlin 1809. S. 132—172.

Neumann's Lehrbuch der Chemie mit besonderer Hinsicht auf Technologie. Leipzig 1810.

Humphry Davy's Elemente des chemischen Theils der Naturwissenschaft. Aus dem Englischen von F. Wolf. Berlin 1814.

Heidemann's vollständige Theorie der galvanischen Elektrizität. Wien 1806.

c. Von der durch chemische Veränderungen erregten und von der atmosphärischen Elektrizität.

377. Gewisse Veränderungen in den Formen der Substanzen sind stets mit Störung des Gleichgewichtes ihres elektrischen Zustandes, also mit elektrischen Wirkungen vergesellschaftet; so wie wir andere chemische Veränderungen mit Störung des Gleichgewichtes des Wärmestoffs verbunden gesehen haben. Wird z. B. eine tropfbare Flüssigkeit in Dampf verwandelt, oder wird Dampf verdichtet, so werden die damit in Berührung stehenden Körper elektrisch. Wird eine stark erhitzte Metallplatte auf ein Elektrometer gestellt, und lässt man einen Wassertropfen auf dieselbe fallen, so werden in dem Augenblicke, wo das Wasser sich als Dampf erhebt, die Goldblättchen des Elektrometers mit — E. divergiren. Wird Wasserdunst zu Wasser verdichtet, so muss also + E. entstehen. Die Flamme brennender Substanzen ist fast jederzeit negativ elektrisch. Geschmolzener Schwefel wird, wenn er erstarret, ebenfalls negativ

elektrisch. Dieser Fall scheint bey der Formveränderung aller nichtleitenden Substanzen einzutreten.

378. Da in der Atmosphäre so viele Formveränderungen, vorzüglich des Wassers, vorgehen und da sie von jeder auf der Oberfläche der Erde statthabenden elektrischen Veränderung afficirt oder in Mitleidenschaft gesetzt wird: so begreift man leicht, dass sich in derselben, als einem schlechten Leiter, die elektrische Materie eben so selten im Gleichgewichte befinden kann, als die Wärmetemperatur, und dass sie also aus der ersten Ursache der Schauplatz grosser elektrischer Phänomene seyn muss, so wie aus der zweyten Ursache ihr mechanisches Gleichgewicht gestöret wird und Winde entstehen.

379. Um den elektrischen Zustand der Atmosphäre zu beobachten und zu messen, hat man eigene Elektroskope und Elektrometer erfunden. Unter die vorzüglichsten derselben gehört das von *Cavallo* und *Saussure*. Wenn man auf dem höchsten Theile eines Hauses eine Metallstange senkrecht befestigt, ihr unteres Ende ebenfalls durch isolirtes Metall bis in das Zimmer des Beobachters verlängert, wo es sich in eine Kugel endigt, welcher in der Entfernung von wenigen Zollen eine andere Kugel gegenüber steht, die durch Metallstangen mit der Erde in unmittelbare Berührung gesetzt wird: so kann die aus der Atmosphäre zugeführte Elektrizität in dem genannten Zimmer nach Gefallen beobachtet, verwendet und untersuchet werden. Man kann zwischen den zwey Kugeln auch ein elektrisches Glockenspiel anbringen, welches den Physiker zum Beobachten ruft, sobald bedeutende elektrische Veränderungen vorgehen. — Das gewöhnliche Spielwerk der Knaben, Drachen aus Papier, wurde schon von *Franklin* gebraucht, die Elektrizität in höheren isolirten Gegenden der Atmosphäre zu untersuchen. Die Schnur dieser Drachen muss durch eingeflochtene, unechte Gold- oder Silberfäden

zu einem besseren Leiter gemacht und ihr unterstes Ende durch ein angebundenes Stück Seidenschnur isolirt oder mit einem isolirten Conductor in Verbindung gebracht werden.

Bey diesen Versuchen ist einige Vorsicht nothwendig, indem der berühmte Physiker *Richmann* in Petersburg im Jahre 1753 als ein Opfer seines Eifers todt neben seinen Apparat niedergestreckt worden ist.

380. *Cavallo* glaubt durch seine mit dem elektrischen Drachen über Luftelektrizität angestellte Versuche folgende allgemeine Gesetze gefunden zu haben.

1. Die Atmosphäre zeigt sich, bey Tage wie bey Nacht, meistens etwas positiv elektrisch; bey kaltem Wetter und in höheren Regionen stärker als bey warmen Wetter, und an niederen Orten. Die Elektrzität wächst von Morgen bis Mittag und nimmt mit dem Tage wieder ab.

2. Durch herankommende Wolken wird die durch den Drachen erzeugte Elektrizität meistens vermindert, manchmahl gar nicht verändert, selten etwas vermehrt. Am stärksten zeigt sich die Elektrizität bey einem in die Höhe steigenden Nebel.

3. Der Funke, den man aus der Schnur des Drachen zieht, ist, besonders bey trockener Witterung, sehr selten länger als $\frac{1}{4}$ Zoll, aber ausserordentlich stechend und mehr dem Schlage aus einer geladenen Flasche als dem Funken aus dem Conduktor einer Elektrisirmaschine ähnlich.

In den neuesten Zeiten beschäftigt sich vorzüglich D. *Schübler* mit Beobachtung der atmosphärischen Elektrizität. Er hat bereits mehrere seiner Erfahrungen darüber in *Schweiggers Journal der Chemie* bekannt gemacht.

381. Wenn sich elektrische Materie in einer Luftschichte oder in einer Wolke über die Capazität derselben anhäuft, und innerhalb ihrer Schlagweite kein bestimm-

ter Gegenstand ist, in den sie sich entladen könnte: so strömet von Zeit zu Zeit, wie aus einem überladenen Conduktor elektrische Materie aus, und bringt die Phänomene des *Wetterleuchtens* hervor; worunter wir einen blitzähnlichen, schnell verschwindenden Lichtschimmer ohne Donner verstehen. Das Wetterleuchten zeigt sich am häufigsten in der Abendämmerung nach einem heissen Sommertage, wenn die Luft sich abzukühlen anfängt. Nach Gewittern bleibt es auch öfters einige Zeit zurück.

Das *Nordlicht* halten die meisten heutigen Naturforscher für eine elektrische Erscheinung (§. 329). Auch die *Wasserhose* erkläret man durch elektrische Anziehung.

382. Kommt eine elektrische Wolke der Erde in die Nähe, so wird diese unter jener durch Vertheilung in den entgegensetzten elektrischen Zustand versetzet: es entstehet also dasselbe elektrische Verhältniss, welches wir bey einer geladenen Leidnerflasche wahrgenommen haben. Die zwischen der elektrischen Wolke und der Erde befindliche Luftschichte vertritt die Stelle des Glases; die Wolke ist die innere, die Erde die äussere Belegung. Erreicht die elektrische Spannung dieser zwey Belegungen einen hohen Grad, so wird die Luftschichte durchbrochen (so wie das Glas einer überladenen Leidnerflasche) und die elektrische Materie wirft sich aus der positiven Wolke auf die Erde oder aus der Erde in die negative Wolke. Dieser Durchbruch ist mit einem Krachen verbunden, welches der *Donner* heisst, so wie der elektrische, hier bis zu einem feurigen Strahl vergrösserte Funke der *Blitz* genannt wird. Die ganze Erscheinung begreift man unter dem allgemeinen Ausdrucke eines *Gewitters*.

Wenn zwey Wolken von verschiedenem elektrischen Zustande sich hinlänglich nahe kommen, so fahren die Blitze aus einer Wolke in die andere. Den manchmahl meilenweit fahrenden

Blitz sehen wir in einem Augenblicke, der Schall hingegen, welchen er an jedem Orte seines Weges durch Erschütterung der Luft hervorbringt, gelangt nur nach und nach in unser Ohr: daher kommt das Rollen und die scheinbare Zurückprallung des Donners. Auf der augenblicklichen Wahrnehmung des Blitzes und der spätern allmähligen des Donners beruht auch die Methode, aus der meistens nach Pulsschlägen gemessenen Zeit, in welcher der Donner auf den Blitz folgt, die Entfernung des Gewitters zu bestimmen.

383. Bey diesem Übergange bringt die elektrische Materie der Atmosphäre alle jene Wirkungen hervor, welche wir von der durch unsere Maschinen erregten Elektrizität bey der Entladung einer elektrischen Batterie haben hervorbringen gesehen. Nur sind die Wirkungen des Blitzes viel stärker, weil er als die Entladung einer elektrischen Batterie angesehen werden muss, deren Belegung statt nach Quadratfussen nach Quadratmeilen, nähmlich nach der Ausdehnung der elektrischen Wolke gemessen werden muss. Der Blitz tödtet also Menschen und Thiere, wenn sie in den Erschütterungskreis kommen, schmilzt und oxydirt Metalle, setzet entzündliche Gegenstände in Brand, macht Eisen magnetisch, zerschlägt ihm im Wege stehende Nichtleiter u. dgl. m.

384. So wie man die grösste elektrische Batterie durch einen Entlader mit vollkommener Sicherheit entladen kann: so lehrte uns auch *Franklin* eine elektrische Wolke ohne Gefahr zu entwaffnen und den Blitz über jene Gegenstände, die wir vor seinem schädlichen Einwirken sichern wollen, als unschädliches Wetterleuchten wegzuführen. Weil nähmlich die elektrische Materie immer den Weg des mindesten Widerstandes nimmt (§. 311), diesen aber an Metallen findet: so darf man dem Blitze nur einen ununterbrochenen Metallweg anbiethen, um sicher zu seyn, dass er diesen einschlagen, und, wenn er geräumig genug bis in die entgegengesetzte Belegung d. h. bis in die Erde führt, auch nicht verlassen wird.

Darauf beruht die ganze Theorie der *Blitzableiter* d. h. eiserner, mit ihren vergoldeten Spitzen zwey oder drey Klaftern über den höchsten Theil des zu sichernden Gegenstandes z. B. eines Gebäudes, senkrecht in die Höhe ragender Stangen, beyläufig von Einem Zoll im Durchmesser, welche an dem Fürst des Gebäudes fort, dann daran herab ununterbrochen bis einige Schuhe tief in die Erde, am besten in einen Brunnen oder in ein anderes Wasserbehältniss wegen der bessern Weiterleitung, fortgesetzt ist. — Die schützende Kraft der Wetterableiter erstreckt sich nur ringsherum auf einen Kreis, dessen Halbmesser 30 Fuss beträgt: daher müssen bey sehr weitläufigen Gebäuden mehrere solche Stangen und Ableitungen errichtet werden, die nirgends über 60 Fuss von einander entfernt seyn dürfen.

Es ist lange darüber gestritten worden, ob die Stangen der Blitzableiter sich in Spitzen oder Kugeln endigen sollen. Man liebte das stille Einsaugen der Spitzen, fürchtete sich aber vor der kräftigen Anziehung, die sie gegen die elektrische Materie äussern, durch welche sie die Wetterwolken herbeylocken und das Entladen derselben begünstigen könnten. Heute stimmt die Mehrheit der Physiker für Blitzableiter mit Spitzen. — Die zur Zeit von Gewittern zu beobachtenden Vorsichtsmassregeln ergeben sich von selbst aus den bekannten Eigenschaften und Wirkungen der elektrischen Materie.

Reimarus vom Blitze. Hamburg 1778.

Dessen *Vorschriften zur Anlegung einer Blitzableitung an allerley Gebäuden.* Hamburg 1794.

Dessen *neue Bemerkungen vom Blitze.* Hamburg 1794.

Hemmers Anleitung Wetterableiter an allen Gattungen von Gebäuden auf die sicherste Art anzulegen.

Marsilius Landriani Abhandlung vom Nutzen der Blitzableiter. Aus dem Ital. von Müller. Wien 1786.

J. F. *Gross Grundsätze der Blitzableitungskunst.* Leipzig 1796.

Ambschell's Anfangsgründe der Naturlehre. Wien 1792. 4. B. S. 671—727.

d) Von der thierischen Elektrizität.

385. Gleich nach der Entdeckung des Galvanismus verstand man diesen unter thierischer Elektrizität, weil man sich vorstellte, er bringe seine Wirkungen durch eine besondere Art aus dem thierischen Körper entwikkelter Elektrizität hervor. Heute versteht man unter thierischer Elektrizität die an lebenden Thieren als physiologische Erscheinung wahrgenommenen Elektrizitätsäusserungen.

386. Es gibt Thiere, derer Fell durch Reiben sehr leicht in so hohem Grade elektrisch wird, dass es knisternde Funken sprüht und bey Berührung in gewissen Punkten sogar einen Schlag mittheilt, den sowohl das Thier als der reibende Mensch empfindet. Alle diese Erscheinungen kann man an Katzen bemerken, doch an einigen im höheren Grade als an anderen. Auch die Haare und die Haut mancher Menschen können durch Reibung und noch andere unbekannte Ursachen elektrisch werden. Man zählt dieses unter die Ursachen der sogenannten, freywilligen Selbstentzündungen und Selbstverbrennungen.

Untersuchung über die thierische Elektrizität vorzüglich über die freywillige von J. Jac. Hemmer. In Gren's Journal der Physik B. III. S. 267.

387. Im vorzüglich hohen Grade besitzen aber einige Arten von Fischen die Gabe, gleich einer geladenen Leidnerflasche, elektrische Schläge mitzutheilen. Es scheint in ihrer Willkühr zu stehen, wann und welchem Gegenstande sie diese Schläge ertheilen wollen: sie brauchen dieselben daher als Schutzwaffen gegen ihre Verfolger und als Angriffswaffen, um sich ihre Nahrung zu verschaffen. — Unter diesen Fischen war der *Krampf-* oder *Zitterroche (Raja Torpedo)* schon den

Alten bekannt, die ihn als Heilmittel brauchten, und zwischen der Ursache seiner Schläge und der Ursache des Donners eine Ähnlichkeit ahneten. In spätern Zeiten hat man die elektrische Eigenschaft an dem, in den Gewässern von Surinam lebenden *Zitteraal* (*Gymnotus electricus*) in einem noch höheren Grade gefunden, und die Zahl der elektrischen Fische noch durch den *Zitterwels* (*Silurus electricus*) in den Flüssen von Afrika, durch den zwischen Madagaskar und Zanguebar entdeckten *electrischen Stachelbauch* (*Tetrodon electricus*), endlich durch den *elektrischen Spitzschwanz* (*Trichiurus indicus*) vermehrt.

388. Die Entstehung der Elektrizität in den elektrischen Fischen erklären Einige durch Ladung und Entladung eines Systems von Leidnerflaschen, welche eigene Organe dieser Thiere bilden, Andere, mit Volta, durch eine galvanische Säule. Beyde führen zur Unterstützung ihrer Hypothese aus der Beschaffenheit der genannten Organe hergenommene Beweise an. Vielleicht wird die Elektrizität durch Galvanismus erzeugt und dann in Leidnerflaschen angehäuft? Auf diese Art wäre die sonst bey der galvanischen Elektrizität nicht gewöhnliche Stärke der Erschütterung erkläret, welche diese Fische mitzutheilen vermögen.

Humboldt's Versuch über die elektrischen Fische. In Gilberts Annalen der Physik. B. XXII—XXV.

e. Von der durch Erwärmung erregten Elektrizität.

389. An dem meistens in Säulen oder Pyramiden krystallisirten *edlen Schörl* oder *Turmalin* bemerkte man zuerst die Eigenschaft, dass er erwärmt an seinen Enden kleine Körper z. B. Papierstreifchen, Asche u. dgl. anzog, wesswegen man ihn auch *Aschenzieher* nannte. Später fand man die Ursache dieser Erscheinung in dem elektrischen Zustande, in welchen sich dieses Fossil

durch Erwärmung versetzet und wodurch es an dem einen Ende positiv, an dem andern negativ elektrisch wird. Dieselbe Eigenschaft kennt man nun an mehreren Fossilien, als an dem gemeinen Schörl, an dem brasilianischen Topas, an dem Stangenstein, Apatit, krystallisirten Galmey, an dem Boracit u. a. m. Die Stellen, wo sich nach der Erwärmung ein elektrischer Zustand äussert, nennet man *Pole.* Der Turmalin hat zwey solche Pole, der Boracit aber besitzt ihrer 8, nähmlich 4 positive und vier negative. Die positiven Pole unterscheiden sich auch schon durch die äussere Krystallform von den negativen. So liegt der + Pol des Turmalins immer dort, wo sich die Säule in 6 Flächen endigt, der — Pol aber dort, wo sie sich mit 3 Flächen schliesset.

Hauy gibt ein bequemes Instrument an, sowohl die elektrische Eigenschaft der Fossilien überhaupt, als auch ihrer Pole zu bestimmen. Es besteht (Fig. 65) aus einer, in einem Harzkuchen a senkrecht befestigten Metallnadel a c, auf deren Spitze ein, sich beyderseits in Köpfchen endigender, sehr beweglicher Metallstift wagrecht ruht. Man nähert der Nadel a c, die man mit einem Finger berührt, eine geriebene Siegellackstange, entfernt dann zuerst den Finger, darauf die Siegellackstange: so hat sowohl der senkrechte als wagrechte Stift + E. Nähert man nun ein erwärmtes Fossil einem der Knöpfchen, und wird dieses von einem gewissen Punkte des Fossils abgestossen, so ist das Fossil elektrisch und der genannte Punkt ist sein + Pol; jene Stelle hingegen, mit welcher derselbe Körper das Knöpfchen anzieht, ist der — Pol.

390. Die Temperatur, bey welcher der Turmalin elektrisch wird, fällt zwischen 30 und 50 Grad R. Weit über den Siedepunkt des Wassers erhitzt, verlieret er seine elektrischen Pole, und wird die Erhitzung noch weiter getrieben, so kehren sich die Pole um, d. h. der vorher + Pol wird nun zum negativen, und der vormahls — Pol zum positiven. Durch Reiben erhält der Turmalin, so wie alle glasartigen Körper, + E.

Wird der Turmalin bloss an Einem Ende erwärmt, während das andere immer kühl gehalten wird, so erhält er an beyden Polen gleichen elektrischen Zustand. Wird ein erwärmter mit zwey entgegengesetzten Polen versehener Turmalin zerschlagen, so zeigt jedes einzelne Stück zwey entgegengesetzte Pole. Zwey erwärmte Turmaline ziehen sich mit den entgegengesetzten Polen an, und stossen sich mit den gleichnahmigen ab. In der Mitte zwischen den beyden Polen zeigt sich keine Spur von Elektrizität.

391. Es fehlt noch eine befriedigende Theorie zur Erklärung der elektrischen Erscheinungen an den genannten erwärmten Mineralien. D. *Jäger* findet Analogien zwischen seiner aus belegten Glasplättchen erbauten trockenen Säule und dem Turmaline, und stellt sich diesen aus regelmässig abwechselnden Schichten von Braunstein und Eisen, die durch einen glasigen Nichtleiter von einander getrennt sind, bestehend vor. (Gilb. Annal. 1815. 1. H. S. 66.) Auf keinen Fall lässt sich aber die grosse Ähnlichkeit übersehen, die zwischen einem erwärmten Turmaline und einem Magnete Statt findet. Die genannten Fossilien scheinen den Übergang zu den magnetischen Körpern zu machen, indem sich in jenen die elektrische Anziehung in die magnetische allmählig zu verlieren scheint.

Nach *Brugmanns* soll der Turmalin auch magnetische Wirkungen äussern.

Hauy's Anfangsgründe der Physik. S. 623.

Hauy's System der Mineralogie.

IV.

Magnetismus.

392. Unter *Magnetismus* versteht man sowohl den Inbegriff aller magnetischen Erscheinungen als auch die unbekannte Ursache derselben. Den Zustand der Kör-

per, in welchem sie magnetische Erscheinungen äussern, hat man auch angefangen *Magnetizität* und die als eine besondere Materie *gedachte* Ursache der magnetischen Wirkungen *Magnetstoff*, *magnetische Materie* oder *Flüssigkeit* zu nennen.

a. Magnetische Anziehung und Abstossung.

393. Schon 600 Jahre vor Chr. G. bemerkte Thales, dass gewisse Eisenerze die Eigenschaft besässen, Eisenspäne anzuziehen und festzuhalten. Viel später machte man die Erfahrung, dass diese Eisenerze (die man gegenwärtig häufig in Schweden, Siberien, Böhmen, Ungern, auf der Insel Elba, und noch an andern Orten findet, welche die Mineralogen *Magneteisensteine*, die Physiker aber *natürliche Magnete* nennen) metallisches Eisen nicht nur anziehen, sondern ihm auch ihre magnetische Eigenschaft, theils nur vorübergehend, theils dauernd mittheilen. Eisen, welches durch Einwirkung eines natürlichen Magnets dessen Eigenschaft erhalten hat, heisst *attractorisch* oder auch ein *künstlicher Magnet*. Eisen in jenem Zustande, in welchem es wohl von einem natürlichen oder künstlichen Magnete angezogen wird, ohne jedoch selbst im Stande zu seyn, gegen Nichtmagnete magnetische Wirkungen auszuüben, heisst *retractorisch* oder auch *unparteyisch*. Auch solche Körper, welche in ihrer Mischung viel Eisen enthalten, werden vom Magnete angezogen. Durch Verbindung mit einigen Substanzen z. B. mit einem grossen Verhältnisse von Sauerstoff oder mit Arsenik, welcher ein vorzüglicher Feind der Magnetizität ist, verliert das Eisen nicht nur seine attractorische, sondern auch seine retractorische Eigenschaft. — In den neuesten Zeiten hat man gefunden, dass Kobalt und Nickel, wenn sie von Arsenik ganz gereinigt sind, sich in Hinsicht auf den Magnetismus eben so wie Eisen verhalten, nähmlich re-

tractorisch sind, und attractorisch werden können. Man hat diese Eigenschaft noch auf mehrere Körper z. B. auf Braunstein, Chrom, gehämmertes Messing ausdehnen wollen; allein da man sich von der Abwesenheit alles Eisens in diesen Körpern so schwer versichern kann, so bleibt es immer noch zweifelhaft, ob die schwachen magnetischen Wirkungen, die man an den genannten und an einigen andern Substanzen bemerkt hat, nicht diesem Eisengehalte zuzuschreiben seyen.

294. Sowohl natürliche als künstliche Magnete ziehen das Eisen nicht an allen Punkten gleich stark an: jeder Magnet hat gewöhnlich zwey entgegengesetzte Stellen, mit denen er das Eisen am stärksten anzieht, und die man wegen einer andern, später zu erwähnenden Eigenschaft, seine *Pole* und zwar die eine seinen *Nordpol*, die andere seinen *Südpol* heisst. Magnete mit mehr als zwey Polen sind selten, und immer als aus mehreren einzelnen Magneten zusammengesetzt zu betrachten.

395. Wenn man einen künstlichen Magnet, der gewöhnlich die Gestalt eines flachen Parallelepiped's hat (Fig. 66), in eine Lage bringt, dass er sich so frey als möglich bewegen kann, z. B. auf Kork in Wasser schwimmen macht, oder in seinem Schwerpunkte an einem Faden aufhängt, oder auf eine feine Spitze wagrecht stellt, und man nähert seinem Nordpole den Nordpol eines andern Magnets, so wird sich jener entfernen. Eben so werden sich die zwey Südpole gegen einander verhalten. Nähert man aber dem Nordpole des einen Magnets den Südpol des andern, so ziehen sie sich heftiger an, als jeder Pol für sich unparteyisches Eisen anzieht. *Gleichnahmige Pole stossen sich* also *ab, ungleichnahmige ziehen sich an.* Man nennet daher die gleichnahmigen Pole auch die *feindlichen*, die ungleichnahmigen hingegen die *freundschaftlichen.*

Es gibt mehrere Methoden, die Pole eines Magnets zu finden. Wenn man einen Magnet in Eisenspäne legt, so hängen sich

diese an den Polen am häufigsten an und bilden dort Eisenbärte. Wenn man ein etwa drey Linien langes Stückchen feinen Eisendrath auf dem Magnete herumführt, so stellet es sich an den Polen senkrecht und legt sich in der Mitte zwischen beyden Polen ganz flach auf.

396. Die magnetische Anziehung sowohl als Abstossung nimmt mit der Entfernung ab. In welchem Verhältnisse diese Abnahme erfolge, ob im Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen, wie Einige wollen, ob im Verhältnisse ihrer Würfel, nach der Meinung Anderer, ist noch nicht ausgemacht: so viel ist jedoch gewiss, dass die Abnahme schneller als im blossen Verhältnisse der Entfernungen erfolgt. Die Anziehung der ungleichnahmigen Pole zweyer Magnete erstreckt sich auf eine grössere Entfernung als die Anziehung, welche ein Magnet auf unparteyisches Eisen ausübet.

397. Der Magnet äussert seine anziehende und abstossende Wirkung durch alle Körper der Natur. Man mag Wasser, Metalle, Glas, Papier, Leder, ja Theile lebender organischer Wesen zwischen zwey Magnete oder zwischen einen Magnet und Eisen bringen: so wird letzteres immer angezogen werden, und die gleichnahmigen Pole der zwey ersteren werden sich abstossen, die ungleichnahmigen anziehen. An dem Eisen, und wahrscheinlich an allen der attractorischen Eigenschaft fähigen Körpern erleidet die magnetische Leitung eine Modification. Ein langer Streifen Eisenblech zwischen die Pole zweyer beweglicher Magnete wie eine Wand gestellt, dass also die zwey Magnete an die beyden breiten Flächen des Eisen gränzen und nur durch die Dicke des Bleches von einander getrennt sind, vermindert die Einwirkung beyder Magnete auf einander so sehr, dass man sie oft gar nicht bemerkt. Wird das Eisenblech aber nach der Breite oder nach der Länge zwischen die zwey Magnete gebracht, dass diese also die Seiten- oder Endkanten des Bleches berühren, so hindert es die magnetische Einwirkung nicht allein nicht,

sondern befördert sie, indem man sie auf solche Weise noch in einer Entfernung von 10 Fuss merklich machen kann. — Der Magnet äussert seine Wirkungen ohne Unterschied im luftleeren und im luftvollen Raume, wie auch in allen Arten von Luft.

398. Eine erhöhte Temperatur ist der Wirksamkeit des Magnets nicht günstig. Ist er einmahl stark erhitzt worden, so erlangt er seine ganze vorige Wirksamkeit selbst nach dem Erkalten nicht wieder. Durch Weissglühhitze verliert er seine Kraft ganz und für immer. Weiss- oder rothglühendes Eisen wird vom Magnete nicht angezogen, es erhält aber seine retractorische Eigenschaft sogleich, wie es aufhört zu glühen, wieder. Wird ein Magnetstab durch Schnittflächen, die senkrecht auf seine Achse geführt werden, in mehrere Stücke zerschnitten; so zeigt jedes Stück wieder zwey Pole, nur von minderer Wirksamkeit. Gepulvert gibt er gar kein Zeichen seiner vorigen Kraft mehr. Wenn man einen Magnet mit Stein auf Stein schlägt, in gewissen Richtungen starke elektrische Funken durchleitet, so verliert er seine charakteristische Eigenschaft eben so wie durch Rost.

Man will die Bemerkung gemacht haben, dass auf der nördlichen Halbkugel der Erde der Nordpol des Magnets, und auf der südlichen Halbkugel sein Südpol eine grössere Wirksamkeit als der entgegengesetzte äussert.

399. Man schätzet die Stärke eines Magnets nach der Zahl, welche anzeigt, wie viel Mahl das von ihm getragene Gewicht sein eigenes, absolutes Gewicht übertrifft. Nach diesem Massstabe besitzen kleinere Magnete mehr Wirksamkeit als grössere. Nur einige Gran schwere Magnete tragen mehr als ihr 60faches Gewicht; grössere über zwey Pfund schwere selten mehr als ihr zehnfaches Gewicht. — Wenn das angehängte Gewicht bloss aus Eisen besteht, so trägt ein Magnet mehr, als wenn an ein mit dem Magnet in Verbindung stehendes Stück Ei-

sen andere Substanzen z. B. Messing zur Vermehrung des Gewichtes angehängt werden. Von einer eisernen Unterlage z. B. von einem Ambos hebt der Magnet ein schwereres Stück Eisen auf, als von einer Unterlage aus einem andern Stoffe z. B. von einem hölzernen Tische. — Man kann die anziehende Kraft eines Magnets gleichsam durch Übung stärken, wenn man ihm allmählig immer mehr Gewicht anhängt. Gibt man ihm keine Gelegenheit, seine Kraft auf Eisen thätig werden zu lassen, so verliert er sie endlich ganz. — Auch die Richtung in welcher der Magnet aufgehängt ist, trägt viel dazu bey, ihn zu stärken oder zu entkräften. Wird er so aufbewahrt, dass sein Nordpol nach oben oder nach Norden sieht, so gewinnt er an Kraft; in umgekehrter Richtung verliert er.

400. Das wirksamste Mittel, die anziehende Kraft des Magnets zu vermehren, ist seine *Armirung* oder *Bewaffnung*, welche darin besteht, dass man die Kräfte beyder Pole, die sonst nur einzeln und auf eine grössere Fläche zerstreut wirken, in zwey Punkten concentrirt, an die man dasselbe Stück Eisen zugleich anbringen kann. Um einen natürlichen Magnet zu armiren, wird er an seinen beyden Polen (Fig. 67) S und N geebnet; an die geebneten Flächen werden dann zwey Eisenschienen a und b befestigt, die sich unten in etwas vorspringende, stärkere Füsse n und s endigen. Die ganze Kraft des Magnets ist nun in den zwey Füssen vereinigt, wovon der am Nordpole anliegende n selbst zum Nordpole, so wie der am Südpole anliegende s zum Südpole, wird. Diese zwey Füsse lässt man auf ein Stück Eisen C., welches man den *Anker* nennet, wirken, an dessen Hacken f man dann die weiteren Gewichte anhängt. Künstliche Magnete, wenn sie aus geraden Stäben bestehen, wie Fig. 68, werden manchmahl auf ähnliche Weise mit den Stücken c und d aus weichem Eisen armirt. Gewöhnlich gibt man ihnen aber die Form eines

Hufeisens (Fig. 69) und bringt nun den Anker unmittelbar an den Nord- und Südpol N und S an.

Wie sehr das Armiren der Kraft eines Magnets nachhilft, mögen folgende Beyspiele lehren. Ein Magnet, der unarmirt 3 Gran trug, hob armirt 1032 Gran. Ein anderer zog unarmirt 1 Gran, armirt 764 Gran. Ein Pfund schwerer Magnet hob unarmirt 3 Unzen, armirt 60 Pfund.

401. *Saussure* hat zur Schätzung der relativen Stärke magnetischer Anziehungen einen eigenen *Magnetometer* vorgeschlagen. Er bestehet (Fig. 70) aus einer Pendelstange A B, die an ihrem unteren Ende B eine eiserne Kugel trägt, und über dem Aufhängepunkte A, um den sie äusserst beweglich ist, als dünner, aber steifer Drath um das Fünffache ihrer Länge in die Höhe steigt. Wirkt kein Magnet auf die eiserne Kugel, so stehet das Pendel vertikal, bey Annäherung eines Magnets weicht es aber von der senkrechten Linie ab, und wird zur Ruhe gebracht, indem es mit dieser einen Winkel macht. Dieser Winkel lässt sich an dem oberen Bogen C D, der viel grösser, als die Entfernung des B von C ist, leicht und genau bestimmen. Die magnetische Anziehung verhält sich nun, unter übrigens gleichen Umständen, wie die an diesem oberen Bogen beschriebene Anzahl Grade.

Dieses Instrument ist so empfindlich, dass man bey der Erwärmung des Magnets um $\frac{1}{2}^{\circ}$ R. schon eine Abnahme seiner Kraft bemerkt.

402. Zur Erklärung der Phänomene der magnetischen Anziehung nahm *Cartes* eine eigene feine, aus lauter kleinen Schräubchen bestehende Materie, in den retractorischen Körpern aber Schraubengänge an, und stellte sich vor, die Körper werden durch die Bewegung jener Materie in diesen Schraubengängen von einander oder an einander geschraubt. — *Euler* nahm ebenfalls einen eigenen, feinen Magnetstoff an, der zu dem ei-

nen Pole des Magnets ein-, zu dem andern ausströme, und durch diese Bewegung gleichsam mechanische Anziehung, oder, wenn die Ströme sich in entgegengesetzter Richtung begegnen, wie diess bey genäherten, gleichnahmigen Polen der Fall ist, Abstossung bewirke. — In den neueren Zeiten hat man, wegen der grossen Ähnlichkeit der magnetischen mit den elektrischen Erscheinungen, jenen auch eine ähnliche Ursache zum Grunde gelegt und angenommen: es sey im Weltall eine eigene, magnetische Flüssigkeit verbreitet, die aber nicht einfach, sondern aus zwey Bestandtheilen zusammengesetzt sey. Diese zwey Bestandtheile der magnetischen Materie hat man *positive* und *negative* oder *Nord-* und *Süd-Magnetizität* geheissen, und sie mit + M und — M bezeichnet. Die Theile jeder Art von Magnetizität stossen sich unter einander ab, die Theile der einen ziehen aber die Theile der andern mit grosser Kraft an. Wenn + M und — M durch ihre gegenseitige Verbindung ganz neutralisirt sind, so bringen sie keine Wirkung hervor, weil jede ihre ganze Kraft zur Neutralisation der andern verwendet. Wird aber die magnetische Materie in ihre Bestandttheile zerlegt, so wirkt jeder derselben auf den gleichnahmigen abstossend, auf den ungleichnahmigen anziehend. + M stösst also + M ab und zieht — M an; — M stösst — M ab und zieht + M an. Einen Körper magnetisiren heisst eigentlich dessen magnetische Materie zersetzen, worauf sich + M an dem einen, — M an dem andern Pole anhäuft. Desswegen müssen sich zwey gleichnahmige Pole, in denen beyden + M oder — M angehäuft ist, abstossen; in zwey ungleichnahmigen Polen hingegen zieht die + M des einen die — M des andern an, wodurch eine Annäherung der Pole bewirkt wird. Zwischen den zwey Polen eines Magnets gibt es immer eine Stelle, wo die zwey entgegengesetzten Magnetizitäten noch neutralisiret und daher die magnetischen Bewegungen fast

so sind. — Wenn der Pol eines Magnets auf einen andern Körper anziehend wirkt, so muss in diesem der entgegengesetzte magnetische Zustand entweder schon vorhanden seyn, oder er bringt ihn, so wie ein elektrischer Körper, durch Vertheilung erst hervor. — Eisen, Kobalt, Nickel, überhaupt alle Körper, welche attractorisch gemacht werden können, unterscheiden sich von den übrigen Körpern in Bezug auf die magnetische Materie eben so, wie sich die idioelektrischen Körper von den Elektrizitätsleitern in Hinsicht auf die elektrische Materie unterscheiden: sie behalten nähmlich die entgegengesetzten elektrischen Zustände längere Zeit, da in den übrigen Körpern oder Magnetizitätsleitern der Zustand der Neutralität nach jeder Störung fast augenblicklich wieder eintritt. — Ausser der Analogie mit der elektrischen Theorie hat diese Hypothese nichts für sich, als dass wir bisher noch keine bessere besitzen.

Aepinus erkläret die magnetische Anziehung und Abstossung so, wie Franklin die elektrische durch Annahme einer *einfachen* magnetischen Materie, deren Theile sich unter einander abstossen, von allen übrigen Substanzen aber angezogen werden. Übrigens hat sich die Existenz einer magnetischen Materie von einer oder der andern Art bisher noch durch keinen Eindruck auf irgend einen unserer Sinne geoffenbaret, und es ist also eine wie die andere für eine reine Verstandesgeburt anzusehen.

403. Bey der Betrachtung der magnetischen Anziehung und Abstossung muss man vorzüglich die Ansicht unverrückt festhalten, dass eigentlich nur die ungleichnahmigen Pole zweyer Magnete sich wechselseitig anziehen, so wie sich nur die gleichnahmigen Pole abstossen; dass also ein Magnet jeden Körper, den er anzieht, vorher selbst magnetisch machen, d. h. dem nächsten Ende desselben die ungleichnahmige, dem entfernteren die gleichnahmige Magnetizität ertheilen müsse: so wie ein elektrischer Körper einem Nichtleiter oder einem isolirten Leiter durch Vertheilung an den ihm zuge-

wendeten Ende in den entgegengesetzten, an dem entfernteren in den gleichnahmigen elektrischen Zustand versetzt. Man wird sich daraus erklären können, warum der Magnet weiches Eisen leichter anzieht und fester hält als hartes Eisen oder Stahl: weil sich nähmlich weiches Eisen am leichtesten durch Vertheilung magnetisch machen lässt. Wenn ein Magnet unter Eisenspänen auf einem Tische liegt, und man schlägt einige Mahl auf den Tisch, so ordnen sich die Eisenspäne um den Magnet in gebogenen, gegen die Pole convergirenden Strahlen beyläufig so, wie es Fig. 71 zeigte. Jedes Eisenspänchen wird zu einem kleinen Magnete, welches wieder ein anderes Eisenspänchen anzieht und magnetisch macht. Aus demselben Grunde geschieht es, dass die gleichnahmigen Pole zweyer Magnete von sehr ungleicher Stärke sich manchmahl nicht abstossen, sondern sich gegen einander entweder ganz unwirksam verhalten, oder auch wechselseitig anziehen. Der stärkere Magnet vernichtet hier mittelst der durch Vertheilung hervorgebrachten entgegengesetzten Magnetizität die des schwächeren Magnetes, oder er kehrt dessen Pole gar um.

b. Direction des Magnetes.

404. Wenn man einen Magnet in eine Lage bringt, dass er sich um seinen Mittelpunkt wie um eine Achse in einer Horizontalebene frey herumdrehen kann, z. B. wenn man ihn frey auf Wasser oder Quecksilber schwimmen macht, wenn man denselben in seinem Schwerpunkte an einem ungedrehten Faden frey aufhängt, oder in demselben Punkte mit einer feinen Spitze unterstützt: so wird man finden, dass er, sich selbst überlassen und entfernt von Eisen oder einem andern Magnete immer eine gewisse Richtung annimmt, und dieselbe wieder sucht, wenn er durch äussere Gewalt davon abgebracht

worden ist. Den einen seiner Pole, und zwar immer denselben kehrt er dem Nordpole unserer Erde, den anderen ihrem Südpole zu; daher hat auch jener selbst den Nahmen des *Nordpols*, dieser den des *Südpols* bekommen. Die gerade Linie zwischen den beyden Polen heisst die *Achse* des Magnets, und wenn man sich dieselbe verlängert denkt, der *magnetische Meridian*. Dieser magnetische Meridian fällt jedoch mit dem Erdmeridian nicht genau zusammen, oder der Nordpol des Magnets zeigt nicht genau nach dem Nordpole der Erde, und der Südpol des ersteren nicht genau nach dem Südpole der letzteren, sondern der Magnet weicht etwas von dieser Richtung ab, und sein Meridian macht also mit dem Meridiane des Ortes auf der Erde, wo sich der Magnet befindet, einen Winkel. — Die Eigenschaft des Magnets, sich selbst stets in den magnetischen Meridian zu versetzen, nennet man seine *Polarität* im engeren Sinne, und die Erscheinung selbst die *Richtung* oder *Direction* des Magnets. Eine die Achse des Magnets oder den magnetischen Meridian in der Mitte und in einer Horizontalebene senkrecht durchschneidende Linie heisst der *Aequator* des Magnetes oder der *magnetische Aequator*. Die Entfernung der Pole des Magnets in ihrer Richtung von den Erdpolen heisst seine *Abweichung* oder *Declination*, und der Winkel, welchen der magnetische Meridian mit dem Meridiane des Ortes macht, wo sich der Magnet befindet, heisst der *Abweichungs-* oder *Declinationswinkel*. Wenn ein magnetischer Körper sich beweget, um sich in den magnetischen Meridian zu versetzen, so sagt man, er *traversire*.

Unter Meridian oder Mittagslinie eines Ortes versteht man jene halbe Kreislinie, die man sich von einem Pole durch den Ort selbst zum andern Pole der Erde gezogen denkt. Es seyen (Fig. 72) N der Nordpol, S der Südpol der Erde, so stellt die Linie N S einen Meridian, L L den Äquator vor. a b sey die Richtung des Magnets; so ist A B der magneti-

sche Meridian, CC der magnetische Äquator, BbN der Abweichungswinkel, NB die westliche Abweichung.

405. Die Eigenschaft des Magnets, seine beyden Pole immer nach jenen der Erde zu richten, ist für die Erdbewohner von sehr grossem Nutzen geworden, indem sie dadurch in den Stand gesetzt wurden, auf dem unübersehbaren Weltmeere, wo mit seinen Gränzen jeder andere Orientirungspunkt verschwindet, mit ihren Schiffen doch nach einer bestimmten Richtung zu steuern, in Afrikas ungeheuren Sandwüsten, in des Nordens Schneefeldern die Richtung des Weges nicht ganz zu verfehlen, oder auch im Bergbaue bey Anlegung von Stollen dieselben genau nach einem vorgezeichneten Plane fortzuführen. — Zu diesen Zwecken bedient man sich gewöhnlich der sogenannten *Magnetnadel* oder des *Compasses (Schiffer-* oder *Seecompasses)* d. h. eines dünnen, wenige Zoll langen, magnetisirten Stahlblättchens, z. B. eines Stückchens von einer schmahlen Uhrfeder, mit bezeichnetem Nordpole, welches im Schwerpunkte auf einer feinen glatten Spitze ruht, und um diese in einer Horizontalebene frey beweglich ist. Der spitzige Stift, welcher den Magnet trägt, ist in der Mitte einer am Boden gezeichneten Windrose befestigt, und die ganze Vorrichtuug in einer mit Glas geschlossenen Büchse verwahret.

Die höchstwichtige Erfindung des Seecompasses, welche in den Anfang des dreyzehnten Jahrhunderts nach Chr. G. fällt, schreiben Einige dem Neapolitaner *Flavius Gioja*, Andere dem Venediger *Marcus Polo*, der sie wieder von den Chinesen entlehnt haben soll, zu. — Die Magnetnadeln aus reinem Kobalt und Nickel (auch Legirungen vom Platin oder Gold mit Nickel sollen, nach Lampadius, dazu tauglich seyn) haben den Vorzug, dass sie nicht so leicht rosten. Einen Compass aus Kobalt hat der sel. Wenzel, einen aus Nickel der Hr. Director v. Widmannstätten verfertigt.

406. Der Gebrauch des Compasses wäre noch viel bequemer und das Instrument viel zuverlässiger, wenn

der magnetische Meridian mit dem astronomischen genau zusammenfiele, oder wenn wenigstens die magnetische Abweichung oder Declination sich an gewisse Gesetze bände. So ist es aber leider nicht; denn die Abweichung ist nicht nur an verschiedenen Orten höchst verschieden, sondern ändert sich auch an demselben Orte von Zeit zu Zeit sehr beträchtlich. An einigen Orten weicht die Magnetnadel (bey uns der Nordpol) nach Osten, an andern nach Westen ab, daher unterscheidet man auch *östliche* und *westliche Abweichung*. Nur an sehr wenigen Orten, die aber auch zu verschiedenen Zeiten sehr verschieden sind, bemerkt man gar keine Abweichung. In London wich im Jahre 1657 die Magnetnadel gar nicht ab; vor dieser Zeit war die Abweichung östlich, seit diesem Jahre aber ist sie, so wie gegenwärtig in ganz Deutschland, westlich. In Wien ist die Declination seit 4 Jahren constant 15 Grade 8 Minuten westlich. Die Abweichung der Magnetnadel verändert sich auch mit den verschiedenen Zeiten des Jahres und des Tages. Die grösste westliche Abweichung hat zur Zeit der Herbstnachtgleiche, und die grösste Annäherung zur Zeit der Frühlingsnachtgleiche Statt. Um 8 Uhr Morgens ist die Abweichung am geringsten, um 2 Uhr Nachmittags am grössten. — Den Ausbrüchen von Vulkanen, den Erdbeben und Nordlichtern gehen meistens unruhige Bewegungen der Magnetnadel voraus. — In einigen Gebirgsgegenden gibt es auch ganz örtliche auf einen kleinen Umkreis beschränkte Unregelmässigkeiten in der Richtung der Magnetnadel.

Man hat für die Seefahrer sehr nützliche Tabellen und Karten verfertigt, welche die, nach Beobachtungen bestimmten Abweichungen in verschiedenen Gegenden angeben. Diese Karten müssen aber von Zeit zu Zeit berichtigt werden, so wie sich mit dieser die Abweichung an demselben Orte ändert. Zur Bestimmung der Abweichung hat man einen eigenen, mit Dioptern, versehenen oder sogenannten *Azimuthalcompass*.

407. Wenn man einen nichtmagnetischen Stahlstab so auf eine Spitze stellt, dass er ganz wagrecht darauf ruhet, so wird er die horizontale Richtung verlassen, sobald er magnetisirt worden ist, und bey uns mit dem Nordpole eine unter den Horizont geneigte Stellung annehmen, so dass man am Südpole ein kleines Gewicht anbringen muss, um die horizontale Lage wieder herzustellen. Die Abweichung der Magnetstäbe oder Magnetnadeln von der horizontalen Stellung nennet man ihre *Neigung* oder *Inclination*, den Winkel, welchen diese Linie mit dem Horizonte macht, den *Neigungswinkel*. Wenn ein Körper im magnetischen Meridiane unter denselben Winkel, den der Magnet mit dem Horizonte macht, geneiget wird, so sagt man, er befinde sich in der *magnetischen Linie*. Diese Inclination zeigt sich an jeder gewöhnlichen Magnetnadel, an deren südlichen Theile man daher gewöhnlich einen kleinen Ring von Messing anbringt, um durch dessen Hin- und Herschieben die Nadel horizontal zu stellen. Magnetnadeln, die so eingerichtet sind, dass man damit genau die mit vielen Schwierigkeiten verbundenen Beobachtungen über die magnetische Inclination anstellen kann, heisst man *Neigungscompasse* oder *magnetische Inclinatorien*.

I. F. *Mayer* Beschreibung eines neuen Inclinationscompasses und der sichersten Art, die magnetische Neigung genau zu bestimmen. In Gilberts Annalen der Physik 1814. 11. St. S. 229.

408. Die Inclination ist an verschiedenen Punkten der Erde eben so verschieden, als die Declination. In einigen Gegenden, nahe am Äquator, ist die Neigung fast 0 und die Inclinationsnadel steht dort fast horizontal; gegen die Pole hin nimmt die Neigung zu; auf der nördlichen Halbkugel der Erde neigt sich der Nordpol, auf der südlichen Halbkugel der Südpol des Magnets unter den Horizont. Auch an demselben Orte ist die Inclina-

tion zu verschiedenen Zeiten verschieden, jedoch in dieser Hinsicht nicht so veränderlich als die Declination. In Wien beträgt die Inclination zwischen 69 und 70 Grade.

409. Die Erscheinungen der magnetischen Direction lassen sich sehr genügend erklären, wenn man den Erdball selbst als einen grossen, mit Polarität begabten Magnet betrachtet, dessen Nordpol den Südpol der kleineren auf ihm befindlichen Magnete anzieht; so wie der Nordpol der letzteren von dem Südpole des magnetischen Erdballs angezogen wird. Daher müssen sich die kleineren Magnete immer so richten, dass sie ihre Pole den entgegengesetzten magnetischen Polen der Erde zu kehren. Daraus folgt auch, dass, wenn wir dabey bleiben, das nach Norden gerichtete Ende des Compasses den Nordpol zu nennen, der dort liegende Pol der Erde eigentlich ihr magnetischer Südpol seyn müsse. Gewöhnlich nennet man zwar beyde Nordpole, dessen ungeachtet muss man sich aber immer deutlich bewusst bleiben, dass die einander zugekehrten Pole der Erde und der Compasse die entgegengesetzten, also ungleichnahmigen oder freundschaftlichen sind. — Die Abweichung der Magnetnadel entstehet daher, weil die magnetischen Pole der Erde mit ihren astronomischen nicht zusammentreffen, sondern von einander entfernt sind. Dort, wohin die Magnetnadeln mit ihren Polen zeigen, liegen die magnetischen Pole der Erde. Sind also die astronomischen Erdpole (Fig. 72) in N. S, so sind die magnetischen in A und B. — Wenn man um eine magnetische Kugel (Fig 72), deren Pole in A und B liegen, eine kleine in ihrem Schwerpunkte, und also entfernt vom Magnete ganz horizontal hängende Magnetnadel führt; so wird sie über dem magnetischen Äquator in C und C ganz horizontal ihre Pole s und n den ungleichnahmigen der Magnetkugel zu wenden; so wie man sie aber näher zu einem oder dem andern Pole bringt,

wird sich ihr ungleichnahmiger Pol immer mehr herabneigen, wie z. B. in N und S, so dass sie endlich am magnetischen Pole der Kugel selbst, ganz senkrecht darauf stehen wird. Man stelle sich nun die magnetische Kugel vergrössert als den Erdball vor, um sich leicht die Inclination der Magnetnadel erklären zu können.

410. Die Veränderungen in der Declination und Inclination der Magnetnadel scheinen daher zu kommen, weil die magnetische Achse des Erdballs (vielleicht durch Einwirkung des Magnetismus eines Gestirnsystems höherer Ordnung) sich verändert. Die jährlichen und täglichen Veränderungen schreiben einige Naturforscher dem Einflusse des Temperaturenwechsels zu. Locale Unregelmässigkeiten kommen von der Nähe grösserer Magnete, z. B. magnetischer Felsen, u. dgl.

Man darf sich ja nicht einbilden, durch die glückliche Hypothese, die Erde als einen grossen Magnet anzusehen, den Magnetismus selbst völlig ergründet zu haben, da man das Problem nur etwas weiter geschoben hat: denn es bleibt immer noch die Beantwortung der Frage übrig, woher der Magnetismus der Erde komme. Auch muss man sich vor dem Dünkel hüthen, durch die blosse Annahme von Polarität, womit viele unserer heutigen Naturforscher die tiefsten Geheimnisse der Natur aufzudecken meinen, schon etwas erkläret zu haben. — Einige Physiker halten nicht die ganze Erde für magnetisch, sondern nehmen nur in ihrem Inneren einen grossen Magnet verborgen an. — Um die Verschiedenheit der Declination an verschiedenen Orten zu erklären, geben Andere (Halley, Schweigger, Hansten) der Erde vier magnetische Pole, halten sie also für einen zusammengesetzten Magnet. (S. *Hansten über die vier magnetischen Pole der Erde, Perioden ihrer Bewegung, Magnetismus der Himmelskörper und Nordlichter.* Eine lesenswerthe Abhandlung in *Schweiggers Journal der Chemie.* 1813. 7. B. S. 79. f. f.)

c. Mittheilung der Magnetizität.

411. Nach §. 403 wird jeder vom Magnete angezogene Körper vorher selbst in den magnetischen Zustand versetzt, so wie jeder Nichtleiter oder isolirte Leiter durch die Nähe eines elektrischen Körpers selbst elektrisch wird. Der magnetische Zustand verschwindet jedoch meistens sogleich, als die angezogene Substanz aus der Sphäre der vertheilenden Wirksamkeit des Magnetes entfernt wird; eben so wie ein durch Vertheilung elektrischer Körper dieses zu seyn aufhöret, wenn er ohne vorherige Berührung mit einem Leiter aus der elektrischen Atmosphäre tritt. Es gibt aber auch Mittel, die durch die Einwirkung eines Magnets hervorgebrachte Magnetizität bleibend zu machen, und die Erfahrung hat hierin gelehret, dass jene von den der attractorischen Eigenschaft überhaupt fähigen Substanzen, welche die Magnetizität am schwierigsten annehmen, die einmahl erlangte am längsten festhalten, also Stahl länger als Eisen, und hartes Eisen länger als weiches. Eisen oder Stahl *magnetisiren* oder ihnen bleibende Magnetizität ertheilen, oder künstliche Magnete verfertigen, sind Ausdrücke von gleicher Bedeutung.

412. Man magnetisirt Körper, wenn man sie entweder unter günstigen Umständen der Einwirkung des Magnetismus des Erdballs aussetzet, oder indem man andere, kleine, natürliche oder künstliche Magnete auf sie einwirken lässt. — Jede weiche Eisenstange, die sich in der magnetischen Linie (§. 407) befindet, wird magnetisch, ihr unteres Ende stösst (bey uns, auf der nördlichen Halbkugel der Erde) den Nordpol einer Magnetnadel ab, und zieht deren Südpol an; ihr oberes Ende wirkt auf die entgegengesetzte Weise auf die Pole des Compasses; beyde Enden ziehen unparteyisches Eisen, z. B. Nadeln, Feilspäne u. dgl. an: die Stange

hat folglich Polarität erhalten, ihr unteres Ende ist zum Nordpole, ihr oberes ist zum Südpole geworden, oder jenes hat + M, dieses — M gewonnen. Kehrt man die Stange um, so sind die Pole auch fast augenblicklich verwechselt; indem der vorige Nordpol, so wie er in die Höhe kommt, zum Südpole, der vorige Südpol aber zum Nordpole wird. Hartem Eisen oder Stahle hat man auf diese Art noch keinen merklichen Grad von Magnetizität mittheilen können. Es ist eben nicht nothwendig, dass die Stange ganz genau die Richtung der magnetischen Linie halte; es ist schon genug, wenn sie bloss senkrecht steht, oder auch wagrecht im magnetischen Meridiane hängt. Wenn sich Eisen sehr lange in der magnetischen Linie befindet, so hält die erlangte Magnetizität längere Zeit an, nachdem es auch diese Richtung verlassen hat. Dasselbe geschieht, wenn die in der magnetischen Linie stehende, eiserne Stange mit einem Hammer geklopft, oder überhaupt in eine erschütternde (prallende, dröhnende) Bewegung versetzt wird, wie auch, wenn rothglühendes Eisen in der beschriebenen Richtung erkaltet. Mittelst durchgeleiteter elektrischer Schläge oder durch den Blitz werden eiserne Stäbe ebenfalls magnetisch. Durch dergleichen Hülfsmittel erhält in der magnetischen Linie selbst hartes Eisen oder Stahl einen gewissen Grad von bleibender Magnetizität, die man dann nach der gleich zu beschreibenden Methode nach Belieben andern harten Eisen- oder Stahlstäben mittheilen, und sich also ohne Beyhülfe eines (kleinern) natürlichen Magnetes künstliche Magnete verfertigen kann.

Auf dieselbe Weise werden eiserne Gegenstände oft zufällig magnetisch, wie z. B. Stangen von Blitzableitern, von Kreutzen auf Thürmen; Brecheisen, Bohrer, eiserne Wagebalken u. dgl. m. Diese Erscheinung gehört mit zu den Hauptbeweisen, dass die Erde wirklich ein Magnet ist, vorzüglich seitdem man die Erfahrung gemacht hat, dass auf der südlichen Erdhe-

misphäre senkrechte Eisenstangen unten den Südpol, und oben den Nordpol erhalten. — *Morichini* behauptet durch die violetten Strahlen der Sonne Nadeln magnetisirt zu haben; andere Physiker haben aber bey Wiederhohlung der Versuche dieses Resultat nicht bestätigt gefunden.

413. Mittelst eines schon fertigen Magnetes, es sey ein natürlicher oder künstlicher, macht man 8 Zoll lange, $\frac{1}{2}$ Zoll breite, $\frac{1}{8}$ Zoll dicke Stäbe von gehärtetem Stahle durch *Bestreichen* magnetisch, und zwar entweder durch den *einfachen* Strich oder durch den *Doppelstrich*. Beym einfachen Striche setzet man den Nordpol des Magnets in der Mitte des Stabes auf und fährt damit bis zu dem einen Ende desselben, nimmt hier den Magnet ab, kehrt entfernt vom Stahlstabe in einem Bogen zurück, setzt den Nordpol wieder in der Mitte auf, führt ihn gegen dasselbe Ende, und streicht auf die nähmliche Art 10 bis 20 Mahl. Das bestrichene Ende des Stabes wird den Südpol, das nicht bestrichene den Nordpol zeigen, die man dadurch verstärken kann, dass man nun eben so mit dem Südpole des Magnets, die andere Hälfte des Stabes bestreicht, und dann die entgegengesetzte Fläche genau auf dieselbe Weise behandelt. Hat man zwey Magnete, so nimmt man in jede Hand einen, setzet in der Mitte von einem den Südpol, von dem andern den Nordpol auf, und fährt damit nach den entgegengesetzten Enden des zu magnetisirenden Stahlstabes. — Beym Doppelstriche setzet man einen Magnet mit beyden Polen in der Mitte des Stabes (Fig. 73) auf, streicht dann, ohne die Richtung der Pole zu ändern, mehrmahls hin und her von einem Ende zum andern, und hebet den Magnet in der Mitte wieder weg. Das Ende S, welches während des Bestreichens dem Nordpole n des Magnetes am nächsten liegt, wird zum Südpole, das entgegengesetzte N zum Nordpole.

Eine Unterlage von Eisen soll besser, als eine andere seyn, (Magnetische Condensatorwirkung). Dasjenige Ende des Stahl-

stabes, welches zum Nordpole werden soll, bezeichnet man gewöhnlich mit einem Feilstriche. Verkehrtes Streichen oder Streichen mit dem unrechten Pole vernichtet wieder die schon entwickelte Magnetizität, und bringt länger fortgesetzt die entgegengesetzte hervor. Ist der Stahlstab sehr lang, so entstehen öfters Pole in der Mitte desselben. Über Brugmanns *Indifferenzpunkt*, Van Swindens *culminirenden Punkt* s. *Erxlebens Anfangsgründe der Naturlehre mit Zusätzen von Lichtenberg.*

414. Ein Magnet kann keinen stärkeren Grad von Magnetizität ertheilen, als er selbst besitzet: wird aber ein Stahlstab mit mehreren verbundenen Magneten bestrichen, so erhält er mehr Wirksamkeit, als jeder der bestreichenden Magnete für sich besitzet. Darauf gründet sich folgende Methode, starke Magnete zu machen, oder einen aus mehreren Stangen zusammengesetzten Magnet durch sich selbst zu verstärken. Man ertheile 8 gleichen Stahlstäben auf was immer für eine Art einen gewissen Grad von Magnetizität, lege dann zwey davon A und B (Fig. 74) einen Zoll weit entfernt, parallel neben einander und verbinde sie mittelst der zwey kürzeren Stäbe aus weichem Eisen a und b so mit einander, dass das ganze ein Rechteck bildet. Die Pole der zwey Stahlstäbe haben entgegengesetzte Richtung; der eine Stab hat das bezeichnete Ende in c, der andere in d. Die 6 übrigen Stäbe ordne man so, dass sie zwey Bündeln bilden, wovon in dem einen die Nordpole nach oben, in dem andern nach unten gekehrt sind, und dass sie die Schenkel eines oben zusammenlaufenden Winkels bilden, dessen Grösse durch den dazwischen gelegten harten Körper e bestimmt wird. Mit diesen magnetisire man den Stab A und B durch den Doppelstrich, so werden diese zwey Stahlstäbe schon einen höheren Grad von Magnetizität erhalten. Man steckt diese nun unter die übrigen, und magnetisirt zwey andere von diesen auf die nähmliche Art. Bis alle 8 auf solche Weise verstärkt sind, fange man wieder von vorn an, und fahre

damit so lange fort, als man noch eine Zunahme der magnetischen Kraft bemerkt.

Auf solche Weise hat *Knight* sein so äusserst wirksames *magnetisches Magazin* verfertigt, welches aus 480 Stahlstangen von $1\frac{1}{2}$ Fuss Länge bestand, und 1000 Pfund wog. Damit machte er jeden Stahl augenblicklich magnetisch, und kehrte die Pole aller künstlichen sowohl als natürlichen Magnete augenblicklich um. — Man kann auch erhärtete Massen aus Eisenstaub und Öhl, die sich in jede Form bringen lassen, magnetisiren. Solche kugelrunde Magnete heissen *Terellen.* Von dem *mineralischen Magnetismus*, dem einzigen Gegenstande des bisher Vorgetragenen, ist der sogenannte *thierische Magnetismus* wohl zu unterscheiden, welcher seit seiner Bekanntwerdung in dem siebenten Decennium des verflossenen Jahrhunderts durch den jüngst verstorbenen Arzt D. *Mesmer*, sehr viele Gegner, aber auch (vorzüglich wieder in den neuesten Zeiten) sehr eifrige Anhänger und Vertheidiger gefunden hat. — Wenn ein Mensch von starken Nerven und kräftigem Willen ein anderes reitzbareres Subject mit den Händen nach gewissen Richtungen, entweder mit sanfter Berührung oder auch ohne diese bestreicht, so soll, unter übrigens günstigen Umständen, in dem letzteren ein Zustand herbeygeführt werden, in welchem die Sinnesorgane ihre gewöhnlichen Geschäfte nicht mehr verrichten (*magnetischer Schlaf*), dagegen aber die Fähigkeit hervortritt, durch ein gesteigertes Gemeingefühl nicht nur die Eindrücke aller übrigen äusseren Sinne zu erhalten, sondern nicht ein Mahl an die bey den letzteren sonst nothwendigen Bedingungen gebunden zu seyn. Ein Mensch in diesem Zustande soll, z. B. Gegenstände Meilen weit, oder durch undurchsichtige Körper oder ohne Licht sehen, schon von den Gedanken anderer mit ihm in magnetischer Verbindung (*Rapport*) stehender Menschen affizirt werden, von dem Sitze der Krankheiten und ihrer Beschaffenheit die genaueste Kenntniss erhalten u. dgl. m. Damit ist zugleich eine erhöhte Thätigkeit der inneren Sinne und der edleren Geisteskräfte verbunden, z. B. die Fähigkeit, eine fremde, sonst gar nicht geläufige Sprache fertig zu sprechen; ohne je Dichter gewesen zu seyn, in Versen zu reden, eine sinnlich nicht wahrnehmbare Krankheit richtig zu beurtheilen, und die zweckmässigsten Mittel

dagegen anzugeben u. dgl. m. Diesen Zustand, der überdiess an und für sich unter die wirksamsten Heilmittel gehören, und manchmahl ohne künstliche Behandlung als eine natürliche, heilsame *Crise* freywillig entstehen soll, heisst man auch *Somnambulismus*, und den darin befindlichen Menschen einen *Somnambul* oder *Hellsehenden (Clairvoyant)*. Man erkläret diese Erscheinungen aus der Wirksamkeit einer eigenen, im ganzen Weltraume verbreiteten, der magnetischen darin ähnlichen Materie, dass sie durch alle Stoffe wirkt, ohne sich jedoch einem einzigen Sinne zu offenbaren, mit der man dann auch die sogenannten Ahnungen, Orakel, Sibyllen, die Divinationsgabe überhaupt, Astrologie, Siderismus, Sympathien und Antipathien, sympathetische Kuren, die Wünschelruthe u. dgl. m. in Verbindung bringt. — Da wir den letzten Grund der Wahrnehmungen durch unsere gewöhnlichen Sinneswerkzeuge nicht kennen: so lässt sich auch die Unmöglichkeit der genannten Erscheinungen nicht darthun, und ihnen folglich das Bürgerrecht im Reiche der *Möglichkeiten* nicht versagen. Da wir jedoch, wenn wir etwas als *wirklich* annehmen sollen, die Gründe dazu in der Analogie mit andern bekannten Erscheinungen suchen; zwischen diesen und den angeführten Erscheinungen des thierischen Magnetismus aber keine solche Analogie obwaltet: so wird man der klugen Besonnenheit jedes Menschen das Zweifeln an jenen Erscheinungen vergeben, bis er sich durch eigene Erfahrungen davon überzeugt hat. Ohne diesen verständigen Skepticismus würde unser Geschlecht wieder zurückfallen in jenen Zustand einer kindischen Leichtgläubigkeit und einer schwärmerischen Sucht nach dem Wunderbaren, welche zwischen Möglichkeit und Wirklichkeit keine Gränzen kennt, aus dem es sich, gewiss zum grössten Vortheile für die Naturwissenschaften, noch nicht gar lange emporgearbeitet hat. Der Verfasser hat nie Gelegenheit gehabt, eigene Erfahrungen über den thierischen Magnetismus zu machen; von den fremden, bekannt gewordenen, sind fasst mehrere und gewichtigere gegen als für die Existenz desselben. Unter die ersteren gehöret z. B. das Urtheil der zur Untersuchung des thierischen Magnetismus im Jahre 1784 zu Paris ernannten Commission, wovon auch *Franklin* ein Mitglied war. — Übrigens gehöret dieser ganze Gegenstand mehr in das Gebieth der Physiologie als der Physik, und es wäre daher sehr zu wünschen, dass der in den neueren Zeiten,

statt thierischen Magnetismus (wahrscheinlich, weil sich Mesmer im Anfange künstlicher Magnete zum Bestreichen bediente) vorgeschlagene Nahme *Mesmerismus* allgemein angenommen würde; denn ausser der Erregung durch Bestreichen, der freyen Bewegung durch alle Körper, der Unwahrnehmbarkeit durch alle Sinne, hat der thierische Magnetismus mit dem mineralischen nichts gemein. (Mesmerismus von D. F. A. *Mesmer*. Herausgegeben von D. K. Ch. *Wolfart*. Berlin 1814. *Versuch einer Darstellung des animalischen Magnetismus als Heilmittel*, von C. Alex. F. *Kluge*. Berlin 1815. *Versuch einer empirischen Darstellung des polarischen Naturgesetzes und dessen Anwendung auf die Thätigkeit der organischen und unorganischen Körper, mit einem Rückblicke auf den thierischen Magnetismus. Von Dr. G. Prochaska k. k. Regierungsrathe und Professor. Wien* 1815 *bey Camesina.)*

Über den mineralischen Magnetismus verdienen ausser den hierher gehörigen Artikeln in den schon öfters genannten physikalischen Wörterbüchern und einzelnen Abhandlungen in physikalisch-chemischen Journalen, noch nachgelesen zu werden:

Cavallo's theoretische und praktische Abhandlung der Lehre von den Magneten. Aus dem Engl. Leipzig 1788.

Prevost über den Ursprung der magnetischen Kräfte. Aus dem Französischen übersetzt von Bourguet. Halle 1764.

Brugmann's philosophische Abhandlung über die magnetische Materie und ihre Wirkung auf Eisen und Magnete. Aus dem Lateinischen von Eschenbach. Leipzig 1784. u. a. m.

C.

Atmosphäre.

415. Dass uns an der Oberfläche der Erde eine unsichtbare, elastischflüssige Substanz einhüllt, davon überzeugen uns eine grosse Menge von Beobachtungen. Wir empfinden diese Substanz, wenn wir die flache Hand, einen Fächer oder eine andere Fläche schnell gegen das Gesicht bewegen. Der Bewegung dieser Substanz schreiben wir den Wind mit seinen oft sehr grossen Wirkungen zu. Wir fühlen sie sanft beym ruhigen Athmen, und dem Winde ähnlich beym Blasen, Husten u. dgl. Wir sehen die Vögel in dieser Substanz schwimmen, wie in den Flüssen und Seen die Fische; Aërostate steigen darin empor, wie Kork im Wasser. Alle Gefässe, die wir gewöhnlich leer heissen, sind damit gefüllt, sie fährt heraus, wenn wir eine tropfbare Flüssigkeit hineinfüllen, oder sie hindert das Letztere, wenn sie wegen einer zu engen Mündung, wie diess, z. B. bey Flaschen mit sehr engen Hälsen der Fall ist, der eindringenden Flüssigkeit auf dem schmahlen Wege nicht ausweichen kann.

416. In den ältesten Zeiten hielt man die elastische Hülle der Erde, welche wir athmen, unter dem Nahmen Luft für ein Element; seitdem man sich aber überzeugt hat, dass die Luft, welche die Erde umgibt, nicht nur zusammengesetzt ist, sondern auch andere, im strengsten Sinne nicht unter die Gas- oder Luftarten gehörige Sub-

stanzen enthält, hat man zur Bezeichnung derselben den Nahmen *Atmosphäre*, welcher gleichsam einen Rezipienten für alle flüchtigen Ausflüsse der Erde bezeichnet, allgemein angenommen, ihn mit *Dunstkreis* oder *Dunstkugel* ins Deutsche übersetzt, und die davon hergeleitete Benennung *atmosphärische Luft* als gleichbedeutend gebraucht.

In den neueren Zeiten hat sich die Bedeutung des Wortes Atmosphäre wieder erweitert, indem man es zur Bezeichnung aller luft- und dampfförmigen, wägbaren oder unwägbaren (ätherischen) Flüssigkeiten, die einen Körper umgeben und mit ihm in einer gewissen Verbindung stehen, übertragen hat. So haben wir schon eine Wärme- Elektrizitäts- und Magnetizitätsatmosphäre der Körper kennen gelernt. So sprechen die Astronomen von Atmosphären anderer Himmelskörper, z. B. von Sonnenatmosphären. Wenn man jedoch Atmosphäre ohne Zusatz braucht, so versteht man darunter jederzeit jene die Erde umfassende Sphäre, in der wir athmen oder die *Erdatmosphäre*.

417. Die Atmosphäre ist zwar so fein, dass sie sich durch die kleinsten Räume bewegen kann, z. B. durch die unsichtbaren Räume zwischen den Holzfibern; allein sie gehöret doch schon unter die sperrbaren Stoffe, indem sie eine Menge von Körpern, z. B. Metall, Glas u. dgl. m. nicht durchdringt, daher in Gefässe eingeschlossen und darin behandelt werden kann. Aus dieser Ursache kann die atmosphärische Luft auch nicht für so allgemein verbreitet angesehen werden wie die ätherischen Stoffe, sondern sie lässt sich von gewissen Räumen ausschliessen, und es lassen sich in Versuchen die Körper ihrer Einwirkung entziehen: da jedoch die meisten irdischen Naturerscheinungen unter dem Einflusse der Atmosphäre geschehen, indem sie entweder ein thätiger Theilnehmer oder doch wenigstens der Schauplatz derselben ist; da man ferner physikalisch-chemische Arbeiten im Grossen demselben nie entziehen kann,

und darauf stets Rücksicht nehmen muss, indem die Atmosphäre durch Einwirkungen von mehrerley Art die Körper zu verändern und Erscheinungen zu modifiziren im Stande ist: so folgt sie in Hinsicht der Allgemeinheit ihres Wirkungsvermögens gleich auf jene ätherische Stoffe, und wird daher am schicklichsten nach ihnen abgehandelt. Wir wollen daher zuerst von den reinphysischen, dann von den physisch-mechanischen, endlich von den physisch-chemischen Eigenschaften der Atmosphäre handeln.

Physische Eigenschaften der Atmosphäre.

418. In Hinsicht der Durchsichtigkeit übertrifft die Atmosphäre, wenn sie hell und heiter ist, d. h. ihre gesammten Bestandtheile sich im luftförmigen Zustande befinden, alle anderen uns bekannten Körper: nur die übrigen reinen Gasarten kommen ihr darin gleich. Obschon aber die Luft die meisten Lichtstrahlen durchlässt, und daher im Brennpunkte von Brenngläsern und Spiegeln nicht erwärmt wird: so lässt sie doch nicht alle Strahlen durch; denn grössere Massen von Luft werden durch das Licht, welches sie nicht durchlässt sondern zurückwirft, sichtbar. Wolken, Nebel, Regen, Rauch, Staub u. dgl. benehmen der Atmosphäre die Durchsichtigkeit oft ganz. Ausser diesen gehen in ihr noch andere allmählige oder plötzliche, vorübergehende oder länger anhaltende Veränderungen der Durchsichtigkeit vor, die mit freyen Augen nicht leicht wahrgenommen werden, die sich aber bey dem Sehen durch Teleskope oder Mikroskope durch Verdunklung der Objecte, und bey Versuchen mit Brenngläsern oder Spiegeln durch Schwächung der Kraft des auf undurchsichtige Gegenstände fallenden Brennpunktes zu erkennen geben. Darauf gründet sich die Einrichtung der *Diaphanometer* oder Luftdurchsichtigkeitsmesser.

Nach *Bouguer* und *Lambert* würde, wenn die Atmosphäre

mit der Dichtigkeit, die sie nahe an der Oberfläche der Erde hat, sich über 400 Meilen erstreckte, gar kein Licht von der Sonne und von den Gestirnen mehr zu uns gelangen. Nach *Saussure's* Photometer ist auf hohen Bergen die Lichtintensität der unmittelbaren Sonnenstrahlen grösser als in tiefen Gegenden. Nach Andern wäre die Lichtintensität noch 12 Mahl stärker, wenn dieselbe nicht schon durch die dunkle Sonnenatmosphäre gemildert würde.

419. Ein Beweis der unvollkommenen Durchsichtigkeit der Atmosphäre ist die *blaue Farbe*, womit sie uns selbst in ihrer grössten Reinheit erscheint und jenes Azurgewölbe darstellt, welches wir (als den scheinbaren Anheftungsort der Gestirne) *Firmament* oder den (blauen) *Himmel* nennen. Auch sehr entfernte, vorzüglich dunkle Gegenstände, z. B. mit Wäldern bewachsene oder kahle Berge (nur keine Gletscher) erscheinen uns blau, indem wir sie durch die grosse Schichte der zwischen ihnen und dem Auge liegenden Luft, wie durch ein schwach blau gefärbtes Glas sehen. Die Intensität dieser blauen Farbe der Atmosphäre ist nicht immer gleich; wesswegen Saussure zur Bestimmung derselben ein *Kyanometer (Himmelsblaumesser)* vorgeschlagen hat, welches aus einer in 51 Felder eingetheilten Fläche besteht, wovon jedes mit einer andern Schattirung von Blau, vom lichtesten durch Beymischung von Weiss erhaltenen, bis zu den dunkelsten mit einem Zusatz von viel Schwarz hervorgebrachten, bestrichen ist. Beym Gebrauche stellt man dieses Instrument an einem freyen Orte zwischen das Auge und den Himmel, und sucht vergleichend die Schattirung, welche mit jener des Himmels am meisten übereinkommt. — Unter den von der Erde reflectirten Sonnenstrahlen werden auf dem Rückwege durch die Atmosphäre von dieser bloss die brechbarsten, die blauen wieder auf die Erde zurückgeworfen, die übrigen gehen ungehindert durch: daher erscheint den Erdbewohnern ihre Atmosphäre blau. —

Nach *Saussure* ist das Himmelsblau auf hohen Bergen viel dunkler als auf Ebenen oder in Thälern. Er nimmt deswegen an, die blauen Strahlen werden bloss von den der Luft beygemischten Wasserdämpfen reflectirt; obschon sich diese Erscheinung (wenn ein dunkelblauer Himmel nicht auch ein Vorläufer von Regenwettern wäre) auch daraus erklären liesse, dass die in der Höhe sehr verdünnte Luft überhaupt wenig Licht reflectirt, daher das Blau (wie am Kyanometer durch Zumischung von Schwarz) immer dunkler wird, je höher man kommt.

420. Wenn die Lichtstrahlen aus dem leeren Raume in die atmosphärische Luft treten, werden sie, so wie bey dem Übergange aus einem dünneren Mittel in ein dichteres gebrochen. Die Stärke der *brechenden Kraft* der Atmosphäre steht mit ihrer Dichtigkeit im geraden Verhältnisse, und muss also, so wie diese, veränderlich seyn. Da die Dichtigkeit der Atmosphäre mit der Annäherung gegen die Erde zunimmt, so werden die Lichtstrahlen in den oberen Schichten weniger als in den unteren gebrochen, und sie müssen daher in einer krummen Linie die Erde treffen. — Wegen der *irdischen Strahlenbrechung* erscheinen uns die Gestirne höher über dem Horizonte, als sie sich wirklich befinden, (so wie uns in Wasser getauchte Objecte höher erscheinen). Durch sie sehen wir die Sonne über dem Horizonte, wenn sie eigentlich um ihren ganzen Durchmesser unter demselben ist. Die Dauer des längsten Tages wird dadurch noch um $8\frac{1}{2}$ Minute verlängert. Ihr verdanken wir die Morgen- und Abenddämmerung, wodurch die halbjährige Nacht in dem ewigen Winter der Polargegenden erträglicher wird. Die zunehmende Brechung des Lichtes in der gegen tiefere Gegenden immer dichter werdenden Atmosphäre hat auf die scheinbaren Orte irdischer Höhen, also auch auf die geometrischen

Höhemessungen Einfluss, welche dadurch bedeutend unrichtig werden und eine eigene Correction erfordern.

Die *Luftspiegelung (Kimmung, Mirage, Looming, Fata Morgana)* ist eine ungewöhnliche Modification der Strahlenbrechung in den untersten Schichten der Atmosphäre, welche vorzüglich zur Zeit, wenn die Sonne von dem Horizonte nicht weit entfernt ist, an heissen Tagen, in grossen Ebenen, z. B. auf der See, am Ufer des Meeres, grosser Ströme, in Steppen und Sandwüsten u. dgl. bemerkt wird, und wodurch es geschieht, dass irdische, an oder unter dem Horizonte befindliche Gegenstände über demselben erscheinen, manchmahl ganz in der Luft schwebend aufrecht oder umgekehrt über dem eigentlichen Bilde des Gegenstandes. Seltener scheinen sich die Gegenstände dadurch zu senken. Den Seefahrern erscheinen dadurch die Gestade noch sehr weit entlegener (also unter dem Horizonte befindlicher) Länder, die sich verlieren, so wie sie darauf zusteuern. Auf dem Lande wird dadurch z. B. ein Dorf an einem Orte sichtbar, wo es sonst durch einen Hügel gedeckt wurde. In Afrika's Sandebenen scheinen die etwas entfernten Dörfer in Wasser zu stehen, in welchem man, wie in Spiegeln, ihre verkehrten Bilder sieht; dieses vorgespiegelte Wasser zieht sich aber zurück, so wie man sich nähert. (Über diesen Gegenstand s. *Grubers* und *Woltmanns* Abhandlungen in den Abhandl. der böhmischen Gesell. d. Wiss. B. 2. und 3.; dann im Auszuge in Gilberts Annal. der Physik. B. 3. In den letzteren auch *Huddarts*, *Monge's*, *Vince's*, *Latham's* u. A. Abhandlungen über denselben Gegenstand.)

421. Weil die Atmosphäre den Durchgang der Lichtstrahlen sehr wenig hindert, so wird sie durch dieselben unmittelbar nur wenig *erwärmt*, doch in den unteren dichteren Schichten noch etwas mehr als in den oberen dünneren. Wenn aber die Sonnenstrahlen an der Oberfläche der Erde in ihrer Bewegung aufgehalten werden, und der strahlende Wärmestoff zu geleiteten (oder auch fortführbaren) gemacht wird, so theilt sich dieser der untersten Schichte der Atmosphäre mit, welche dadurch ausgedehnt und leichter gemacht nach hydrostatischen

Gesetzen in die Höhe steigt, von einer kalten Schichte ersetzt wird, welche bald dasselbe Schicksal erleidet. Dadurch wird also ein beständiger Luftzug von unten nach oben unterhalten, und der Wärmestoff nach den für flüssige Körper (§. 260) gefundenen Modificationen (nähmlich durch eigentliche Leitung und Fortführung) verbreitet. Weil die aufsteigende erwärmte Schichte beym Durchgange durch die kälteren schnell abkühlt, so darf sie nicht hoch steigen, um eine Luftschichte von gleicher Dichtigkeit anzutreffen, und die Erwärmung der Luft erstrecket sich daher nicht hoch. Daher kommt es, dass die Gipfel hoher Berge, die ohnehin schon von einer dünneren, daher durch directe Sonnenstrahlen noch weniger erwärmbaren Luft umgeben sind, immer mit Schnee bedeckt bleiben; denn da sie nur isolirte, sehr weit zerstreute Punkte in dem grossen Oceane der Atmosphäre sind, so verschwindet die Wärme, welche dieselben durch Absorbtion der Sonnenstrahlen hervorbringen. Die Höhe der Atmosphäre, in welcher das Wasser anfängt nur als Schnee oder Eis zu erscheinen, oder wo es das ganze Jahr hindurch an einem Theile jedes Tages frieret, nennet man die *Gränze des ewigen Schnees.* In der heissen Erdzone liegt sie 2500 W. Klaftern hoch; denn Humbold fand auf dem Chimborasso in dieser Höhe beständigen Schnee. In den gemässigten Zonen liegt die Schneelinie schon viel niedriger; so hat der Schneeberg in Österreich bey einer Höhe von 1100 Klaftern im Sommer Schnee. Auf der Schneekoppe im Riesengebirge von 840 W. Klaftern Höhe thaut der Schnee in den Schluchten nicht mehr auf. Nahe an den Polen fällt die Schneelinie mit der Meeresfläche zusammen. — Auch die Luftfahrer haben die mit ihrer Erhebung in der Atmosphäre zunehmende Kälte oft sehr schmerzlich bemerkt, da es hoch in der freyen Luft noch kälter ist, als auf einem Berge von gleicher Höhe. In der Höhe von 3000 Klaftern sank das Thermometer gewöhnlich

unter Null, wenn auch die Fahrt an einem heissen Sommertage unternommen wurde. — Nach *Humbold's* Beobachtungen scheint die Temperatur für jede 124,5 W. Klaftern, die man höher steigt, um 1° R. zu fallen.

Um die Temperatur der Atmosphäre zu bestimmen, muss das Thermometer in Schatten gestellt werden; wird es den directen Sonnenstrahlen ausgesetzt, so wird es um so höher steigen, je mehr Wärmestoff die Materie des Thermometers zu absorbiren im Stande ist, also nach (§. 262 u. 289) ein Thermometer mit geschwärzter Kugel höher, als mit einer Kugel aus weissem, reinen Glase. In diesem Falle würde man also bloss die von jener der Atmosphäre verschiedene Temperatur des Instrumentes messen. — *Pictet* beobachtete durch längere Zeit drey correspondirende Thermometer, wovon das eine auf einer Stange 75 Fuss hoch, das andere nur 5 Fuss hoch über dem Boden hing, das dritte aber auf der Erde lag, und die Kugel mit Erde bedeckt hatte. In den heissesten Stunden des Tages stand das oberste Thermometer um 2 Grade niedriger, das mit der Kugel in der Erde hingegen um einige Grade höher als das mittlere. Man sieht hieraus, dass die Erde am wärmsten war, und dass die Luft um so weniger erwärmt wurde, je mehr sie sich von der Erde, als Quelle der Wärme entfernte.

422. Aus dem Gesagten erhellet, dass die Erhöhung der Temperatur unserer Erde und Atmosphäre mit der Menge der auffallenden Sonnenstrahlen im geraden Verhältnisse stehen muss: eine grössere Entfernung von der Sonne, häufige Sonnenflecken u. dgl. thun also dieser Temperaturserhöhung Abbruch. Je länger die Sonne über dem Horizonte bleibt, je länger also die Tage sind, desto mehr Sonnenstrahlen erhalten wir unter übrigens gleichen Umständen. Da übrigens der Erwärmungsprozess durch die Sonnenstrahlen erst an der Oberfläche der Erde vorgeht; so muss alles, was die Sonnenstrahlen hindert, bis dorthin zu gelangen. z. B. ein beständig überzogener Himmel, dichte Wolken, häufige Nebel u. dgl. auch der Erwärmung Eintrag thun; obschon viel-

leicht unter diesen Umständen die Temperatur der oberen Luftschichten etwas höher als sonst seyn kann.

423. Die Absorbtion der Sonnenstrahlen an der Erdoberfläche und ihre Verwandlung in solche Wärme, die sich dann weiter leiten oder fortführen lässt, wodurch also die Atmosphäre selbst erwärmt wird, hängt von mehreren Umständen ab. — Der wirksamste dieser Umstände ist die Art, wie die Sonnenstrahlen auffallen. Senkrecht auffallende Strahlen erwärmen am meisten; je schiefer sie aber einfallen, desto mehr werden sie zurückgeworfen, desto weniger absorbirt. Überdiess fallen auf eine gleich grosse Fläche von demselben strahlenden Punkte eine geringere Menge schiefer als senkrechter Strahlen. Daher ist es zwischen den Wendekreisen (in der heissen Zone), wo die Sonne zwey Mahl des Jahres den Bewohnern senkrecht über den Köpfen stehet, und die Strahlen auch in der übrigen Zeit des Jahres nur sehr wenig schief einfallen, am heissesten. Je mehr sich eine Gegend von den Wendekreisen entfernt und den Polen nähert, desto schiefer fallen die Strahlen ein, desto gemässigter, und endlich auch kälter wird die Atmosphäre. — Im Winter fallen bey uns die Sonnenstrahlen schiefer ein, als im Sommer, darum ist es in jener Jahreszeit kalt, in dieser warm, ungeachtet der Erdball im Winter (im Dezember) der Sonne am nächsten kommt. Zur Vermehrung der Kälte im Winter, und der Hitze im Sommer trägt auch noch der Umstand viel bey, dass in den kurzen Wintertagen die Erde durch eine viel geringere Dauer dem Einflusse der Sonnenstrahlen ausgesetzt ist, als in den langen Sommertagen. — Nahe beym Auf- und Untergange erwärmt die Sonne durch ihre schiefen Strahlen bey weitem nicht so kräftig, als um die Mittagszeit, wo sie für jede Gegend am senkrechtesten stehet. — In der Nähe von Mauern, Dächern, Abhängen, welche unter einem solchen Winkel geneigt sind, dass die Sonnenstrahlen senkrecht auf-

fallen, ist es immer etwas wärmer, als weiter davon entfernt.

Unter *Klima* einer Gegend versteht man heute allgemein die eigenthümliche Beschaffenheit der Atmosphäre daselbst. So hat ein Ort ein warmes, ein anderer ein kaltes; dieser ein trockenes, jener ein feuchtes Klima u. s. w. Sonst verstand man darunter die geographische Lage eines Ortes, vorzüglich in Hinsicht seiner Entfernung vom Äquator. Das *heisse* Klima versetzte man an den Äquator zwischen die zwey Wendekreise, in die *heisse Zone*; das *gemässigte* Klima zwischen die Wende- und Polarkreise, in die *gemässigte Zone*; die Polargegenden endlich machten die *kalte Zone*, und hier herrschet das *kalte* Klima. Das wahre Klima eines Ortes stimmt mit seiner geographischen Lage bey weitem nicht überein: so liegt Quito in der heissen Zone, hat aber wegen seiner hohen Lage ein sehr gemässigtes, ja auf seinen hohen Bergen sogar ein kaltes Klima u. dgl. m.

424. Der zweyte Umstand, welcher einen vorzüglichen Einfluss auf die Bestimmung der Temperatur einer Gegend nimmt, ist die Beschaffenheit des Bodens. Ein dunkel gefärbter Boden absorbirt mehr Sonnenstrahlen, als ein lichter. Bestehet die Erdoberfläche aus Substanzen, die gute Leiter sind, so erwärmt sie sich schneller und theilt ihre Wärme auch geschwinder der Atmosphäre mit, als wenn sie aus schlechten Leitern bestehet. Ist der Boden überdiess trocken, ohne Vegetation, so darf nichts von der neuerzeugten Wärme zur Verdünstung des Wassers und zur Unterhaltung des Vegetationsprozesses verwendet werden, und es wird also die Erde und die Atmosphäre mehr erwärmt. Alle diese der Erhitzung günstigen Umstände treffen in den Sandwüsten im Innern von Afrika zusammen. Daher soll auch hier das Thermometer manchmahl im Schatten auf + 40°, in der Sonne auf + 50° R. steigen. — Nun kann man sich auch erklären, warum bebaute, fruchtbare, waldige Gegenden selbst in der heissen Zone mässiger warm sind als kahle, sandige, felsige; war-

um auf kleinen Inseln und an den Ufern des Meeres oder auch nur grosser Ströme die Hitze selten so drükkend wird, als in dem Innern grosser Welttheile (Continente). Die weisse Farbe des Schnees und seine schlechte Leitungsfähigkeit tragen gewiss das Ihrige zur Vergrösserung und Verlängerung der Winterkälte, und zur Verewigung der Schnee- und Eisdecken auf hohen Bergen bey.

425. Allgemein bekannt ist endlich die Macht der Winde auf die Änderung der atmosphärischen Temperatur, deren plötzliche Abwechselungen meistens aus dieser Ursache entspringen. Winde kühlen die heisse Atmosphäre ab, wenn sie aus kalten oder feuchten Gegenden kommen, und sie bringen Wärme mit, wenn sie aus wärmeren Zonen blasen. Die bewegte Luft macht schon an und für sich die Hitze unserem Gefühle erträglicher, wenn sie auch das Thermometer gar nicht verändert, weil sie dadurch zu einem besseren Leiter (eigentlich Fortführer) wird und die Verdünstung beschleunigt. An heissen Sommertagen wird an Orten, wo die Bewegung der Luft gehindert ist, z. B. in engen, von Felsenwänden eingeschlossenen Thalkesseln, die Hitze öfters unerträglich. Seewinde mässigen die Hitze im Sommer, die Kälte im Winter. Gegenden die den warmen Winden offen, vor den kalten hingegen geschützt sind, haben ein wärmeres Klima, als solche, wo der Fall umgekehrt ist.

426. Dass auch der *elektrische Zustand* der Atmosphäre zur Bestimmung ihrer Wärme viel beytragen mag, lässt sich aus den plötzlichen Temperatursveränderungen schliessen, die auf Gewitter erfolgen, und sich viel weiter als diese erstrecken. Die unmittelbare Folge ist gewöhnlich Abkühlung, die in den oberen Regionen so weit geht, dass die Wasserdünste oder Tropfen in Eis verwandelt werden; daher ist der Hagel ein so häufiger Begleiter von Gewittern. — Endlich gibt es

Anomalien in Hinsicht der Temperatur der Atmosphäre und ihrer Veränderungen, wovon wir den Grund in keinem der angeführten Umstände finden, und die uns zu dem Schlusse berechtigen, dass dabey uns bisher noch unbekannte Agentien mit ins Spiel kommen.

So wie jene Temperatur von + 40° R. in Afrika's Sandmeeren die höchste ist, bis auf welche man bisher die Atmosphäre erhitzt gefunden hat: so kennet man, zuverlässigen Beobachtungen zu Folge, keine grösseren Grade von natürlicher Kälte, als von — 35 bis — 40° R. In den heissesten Gegenden wird die Erde an vielen Stellen 25 bis 30 Fuss tief erwärmt, so dass man in dieser Tiefe noch keine guten Keller anlegen kann: in den Polargegenden will man hingegen die Erde noch in einer Tiefe von 100 Fuss gefroren gefunden haben. — Einige Naturforscher nehmen an, die Erde werde durch ein eigenes Centralfeuer erwärmt, andere, es sey bey ihrer Bildung aus dem flüssigen Zustande so viel Wärme frey geworden, dass sie erst nach Jahrtausenden ganz erkalten könne. — Die Wärme der Erde, so tief wir bisher in sie eingedrungen sind, ist bey weitem nicht überall gleich: in einigen tiefen Schachten fand man sie + 8° R., in andern + 23° R. In einigen nahm die Wärme mit der Tiefe zu, in andern ab. Auch die Temperatur der Quellen lässt uns nicht zuverlässig auf die Erdtemperatur schliessen, weil wir nicht wissen, woher sie eigentlich kommen.

427. In den gemässigten Erdstrichen ist die Hitze nicht dann am grössten, wann die Sonne am höchsten stehet, am längsten Tage beym Anfange des Sommers (bey uns den 21. Juny), sondern erst etwas später im July und August. Eben so wenig ist die Tageshitze gerade zu Mittag um 12 Uhr am heftigsten, sondern Nachmittag um 3 Uhr. Dieses kommt daher, weil die während des Winters, und der Nacht abgekühlte Erde erst durchgewärmt werden muss, und die Temperatur nur dann, wann dieses geschehen ist, höher steigen kann. Trifft doch auch die grösste Kälte des Winters nicht mit dem kürzesten Tage zusammen, so wie es nicht um Mitternacht am kühlsten ist, sondern in der Morgen-

dämmerung, weil die Erde und ihre Atmosphäre die durch die vorhergegangene warme Jahres- oder Tages-zeit erhöhte Temperatur nur allmählig verlieret.

Wenn man an einem Orte zu bestimmten Stunden des Tages und der Nacht das Thermometer (welches so gehängt seyn muss, dass keine örtliche Erwärmung Statt finden kann) durch mehrere Jahre beobachtet, die Grade über Null addirt, von der Summe die Grade unter Null abziehet, und den Rest durch die Zahl der gesammten Beobachtungen dividirt, so erhält man die mittlere Temperatur eines Ortes. — Die mittlere Temperatur ist in

Petersburg . . .	+ 3° R.	Bourdeaux . .	+ 11,3° R.
Stockholm . . .	+ 4,4 —	Marseille . .	+ 12,9 —
Berlin	+ 7,5 —	Algier . . .	+ 17,7 —
London	+ 8,4 —	Pondichery . .	+ 24,8 —
Wien	+ 8,56 —	Quito . . .	+ 13,3 —
Paris	+ 8,8 —		

Jede bewohnbare Gegend muss jährlich wenigstens durch zwey Monathe eine mittlere Temperatur von + 13° R. haben. Diese Temperatur und diese Dauer derselben scheint zum Wachsthume und zum Reifen des Getreides nothwendig zu seyn.

428. Von der *elektrischen Beschaffenheit* der Atmosphäre, ist schon in dem Abschnitte von der Elektrizität gehandelt worden. Einige Naturforscher denken sich die Wirksamkeit der Elektrizität in der Atmosphäre sehr umfassend, und finden darin den letzten Grund der meisten Meteore. — In Hinsicht der *Magnetizität* wollen einige Aëronauten die Beobachtung gemacht haben, dass in einer gewissen Höhe auf der nördlichen Halbkugel der Erde die Magnetnadel nicht mit ihrem Nord-, sondern mit ihrem Südpole inclinire.

429. Wir *riechen* und *schmecken* die atmosphärische Luft nicht, können aber dessen ungeachtet nicht entscheiden, ob sie wirklich geschmack- und geruchlos sey, oder ob wir aus langer Gewohnheit den Reitz nicht wahrnehmen, den sie auf die Geruchs- und Geschmacksorgane ausübet. Die reitzende Wirkung der Luft bemerkt man bey Wunden; so wie man auch aus dem Weinen

der Neugebornen beym ersten Einathmen darauf schliesset. Vielleicht wirkt aber in diesen Fällen die Luft bloss durch ihren Temperaturunterschied reitzend.

Physisch-mechanische Eigenschaften der Atmosphäre.

430. Zu den physisch-mechanischen Eigenschaften der Atmosphäre zählt man ihre *Elastizität* und ihre *Schwere* oder vielmehr ihr *Gewicht*.

Elastizität der atmosphärischen Luft.

431. Die atmosphärische Luft besitzet denselben Grad von Elastizität, den wir (§. 85) als eine Eigenthümlichkeit der Gasarten im engern Sinne kennen gelernt haben. Man hat zwar die atmosphärische Luft (deren spezifisches Gewicht bey o R. und bey einem Barometerstande von 28,76 W. Zoll 0,0012989 beträgt) noch nicht weiter als auf die doppelte Dichtigkeit des Wassers zusammengepresst (nach Halley's Berechnung aus den Daten eines sehr zweifelhaften Versuches): allein es ist ausser Zweifel, dass sie sich noch mehr verdichten liesse, wenn wir sie mit einer noch grösseren Kraft zusammendrücken könnten; wesswegen auch Franklin die Luft den dichtesten Körper nennt. Eben so verhält es sich mit ihrer Ausdehnbarkeit bey Verminderung des Druckes. Man mag aus einem Rezipienten die Luft bis auf die geringste Kleinigkeit auspumpen, so wird diese doch den Raum des Rezipienten noch ganz erfüllen. Wenn die Verdünnung der Luft bey fernerer Vervollkommnung der Luftpumpen noch weiter getrieben werden wird, so ist doch kaum zu zweifeln, dass sie auch dann noch den ganzen Rezipienten ausfüllen wird. Die atmosphärische Luft kann noch so lange Zeit in dem zusammengepresstesten Zustande aufbewahret werden, ohne von ihrer Elastizität das Geringste zu verlieren; eben so wenig, als verdünnte Luft, dadurch von der

Fähigkeit, sich zusammendrücken zu lassen, etwas einbüsset. — Dass durch Erhöhung der Temperatur die atmosphärische Luft ausgedehnt, und bey gehinderter Ausdehnung ihre Elastizität vermehrt wird, wie auch dass sie in Hinsicht des Grades ihrer Ausdehnbarkeit durch Wärme mit allen übrigen Gasarten übereinkommt, ist bereits (§. 244—245) erwähnt worden. Die atmosphärische Luft gehört übrigens, wenigstens in Hinsicht ihrer Hauptbestandtheile zu den permanent elastischen Flüssigkeiten oder zu den eigentlichen Gasarten, indem sie nicht nur durch keinen Druck, sondern auch durch keinen bekannten Grad von Kälte ihre Form verändert.

432. Die Elastizität der Luft, die sich in einer grossen Menge von Naturerscheinungen äussert, kann auch durch viele Versuche erwiesen werden. Eine mit Luft gefüllte Blase nimmt Eindrücke vom Finger an, stellt ihre alte Form aber sogleich wieder her, wenn der Druck nachlässt. Wenn man bey einer guten Spritze die Öffnung verschliesst, und dann den Stempel hinabdrückt, so wird der Widerstand immer grösser, und endlich so gross werden, dass man den Stempel nicht weiter bringen kann. Die Luft zwischen dem Stempel und dem Boden der Spritze, lässt sich also wohl bis auf einen gewissen Grad zusammendrücken, allein ihr Bestreben sich auszudehnen, nimmt mit dem Grade des Druckes zu, und hält endlich der äusseren zusammendrückenden Kraft das Gleichgewicht. Höret diese zu wirken auf, so wird der Stempel wieder in die Höhe getrieben, und dadurch bewiesen, dass die Luft nach Aufhebung des Druckes ihr voriges Volumen wieder einnimmt. Die Windbüchsen sind Beweise, wie sehr sich die atmosphärische Luft zusammenpressen lässt, wie lange sie in diesem Zustande ihre Elastizität ganz unverändert behält, und mit welcher Gewalt sie sich wieder ausdehnt, wenn eine Portion dieser zusammengepressten Luft schnell in Freyheit gesetzt wird.

Die *Compressionsmaschine*, wodurch die Windbüchsenflaschen gepumpt werden, hat folgende Einrichtung. In der Röhre A B (Fig. 75), welche mit dem Ende A an die mit einem sich nur nach einwärts öffnenden Ventile versehene Mündung der Flasche angeschraubt wird, bewegt sich luftdicht der Stempel C. Die Röhre hat oben nahe bey B eine Öffnung x. Wird der Stempel über dieses Loch heraufgezogen, so dringt dadurch von aussen Luft in die Röhre, welche zusammen gepresst wird, wenn der Stempel sich über die genannte Öffnung abwärts bewegt. Da sie keinen andern Ausweg hat, drückt sie das Ventil der Flasche auf, und wenn der Stempel das Ende A erreicht, hat er die ganze in dem Rohr von der Öffnung x oben bis A enthaltene Luft in die Flasche gedrängt. Zieht man den Stempel wieder in die Höhe, so will wohl die Luft aus der Flasche nach, versperrt sich aber durch Zudrücken des Ventils selbst den Weg. Dieses Verfahren wiederhohlt man so lange, als die Flasche es aushält, und als man noch Kraft genug hat, durch das Hinabdrücken das immer fester schliessende Ventil zu öffnen. Befindet sich in der Flasche, um das Ventil geschmeidig zu erhalten, statt Wasser etwas Öhl: so entzündet es sich beym Pumpen eben so wie der Schwamm im pneumatischen Feuerzeuge (§. 290), zersprengt die Flasche und setzt den Arbeiter in Lebensgefahr.

433 Die Einrichtung der *Heronsbälle* und *Heronsbrunnen* gründet sich bloss auf die entweder durch Druck oder durch Wärme gesteigerte Elastizität der Luft. Der Heronsball (Fig. 76) besteht aus einer kupfernen Kugel A E B F, in welcher die fast bis auf den Boden reichende, oben in eine fein durchbohrte Spitze C auslaufende, mit dem Hahne x versehene Röhre CD luftdicht eingekittet ist. Die Kugel wird bis E F mit Wasser gefüllt, dann durch eine Compressionsmaschine Luft hineingepumpt, und dadurch die Luft über E F verdichtet. Die zusammengepresste Luft drückt auf das Wasser E F; dieses kann nur durch die Röhre CD in die Höhe steigen; es springt also, wenn der Hahn x geöffnet wird, in die Höhe und bildet einen kleinen Springbrunnen. — Der *Heronsbrunn* (Fig. 77) bestehet aus den zwey Gefässen A B C D und E F G H, wovon das obere, etwas kleinere eine schüs-

selförmige Vertiefung AJOB hat. Diese zwey über einandergestellten Gefässe sind durch die Röhren QR und MN mit einander verbunden. Die Röhre OP öffnet sich mit dem einen Ende in die Schüssel OJAB und reicht mit dem andern bis nach P, fast an den Boden des unteren Gefässes. Die zweyte Röhre reicht von N der oberen Wand des unteren Gefässes bis nach M, nahe am Boden der Schüssel im obern Behältnisse, in welchem auch die bis nahe an seinen Boden reichende Röhre KL luftdicht befestigt ist. Das obere Gefäss wird durch die Öffnung I bis etwas unter M mit Wasser gefüllt; dann, die Öffnung I wieder gut verschlossen, und in die Schüssel AJOB Wasser gegossen. Dieses läuft durch die Röhre OP in das untere Gefäss, verdrängt hier die Luft, die, weil sie keinen andern Ausweg findet, durch die Röhre NM in das obere Gefäss steigt, dort die über M befindliche Luft verdichtet, dadurch den Druck auf das Wasser so vermehrt, dass dieses durch die Röhre LK heraussspringen muss. Das herausgesprungene Wasser fällt wieder auf die Schüssel, fliesst von da bis an das untere Gefäss, und unterhält das Spiel dieses Brunnen so lange, als Wasser in dem oberen Gefässe ist. — Der Erfolg ist der nähmliche, wenn die Elastizität der Luft über dem Wasser im Heronsballe und Brunnen, statt durch Compression, durch Wärme vermehrt wird.

Von denselben Prinzipien, welche diesen physikalischen Spielereyen zum Grunde liegen, lassen sich auch sehr nützliche Anwendungen machen; wohin z. B. die zu Schemnitz von I. K. *Hell* im Jahre 1753 erfundene *Wasserhebmaschine (Luftsäulenmaschine)*, zur Herausschaffung des Wassers aus tiefen Gruben bey Bergwerken gehört. (S. *Poda kurzgefasste Beschreibung der bey dem Bergbau zu Schemnitz in Niederungern errichteten Maschine. Herausgegeben durch v. Born).* Der Nutzen der *Windkessel* in den grossen Feuerspritzen gründet sich bloss auf die durch Compression vermehrte Elastizität der Luft. In der Feuerspritze (Fig. 78) ist C der Windkessel, d. h. ein kupfernes, oben gewölbtes, leeres (bloss

mit Luft gefülltes) Behältniss. Durch das Spiel der beyden Kolben a und b wird das Wasser durch die Öffnungen m und n zuerst in diesen Windkessel gepumpt. Durch das eingetretene Wasser wird die Luft in das obere Gewölbe des Windkessels zusammengepresst, und diese drückt das Wasser wieder durch das Gussrohr g heraus. Während des Wechsels der beyden Kolben hat immer eine kleine Pause Statt, während welcher Spritzen ohne Windkessel aussetzen, und der herausgetriebene Wasserstrahl unterbrochen wird: der auch zu dieser Zeit fortwirkende Druck der Luft im Windkessel macht aber, dass damit versehene Feuerspritzen in Einem fort, mit gleicher Stärke spritzen. — Auch bey der Einrichtung der *Taucherglocke* ist auf die Impenetrabilität und Elastizität der Luft gerechnet. Übrigens wird die Luft auch nur durch ihre Elastizität zu einem so vortrefflichen Vehikel des Schalles.

434. *Mariotte* stellte den Versuch über die Zusammendrückbarkeit der atmosphärischen Luft auf eine Art an, dass dadurch zugleich das Verhältniss gefunden wurde, in welchem die jedesmahlige Ausdehnung oder die Dichtigkeit einer bestimmten Menge Luft mit dem zusammendrückenden Gewichte stehet. Er bediente sich dazu einer Glasröhre, welche wie die Röhre ABCD (Fig. 79) gebogen war. Der kürzere nur 12 Zoll hohe Schenkel war oben in D zugeschmolzen, der längere Schenkel AB, von 96 Zoll Höhe, war oben offen. Er goss Anfangs so viel Quecksilber durch den längeren Schenkel in die Verbindungsröhre BC, dass diese ganz damit ausgefüllt, und dadurch der Luft in dem kürzeren Schenkel die Communication mit der äusseren Atmosphäre abgeschnitten war. Dann füllte er so viel Quecksilber zu, dass es in dem längeren Schenkel 18 Zoll hoch stand; worauf das Quecksilber in dem kürzeren Schenkel um 4 Zoll stieg, die Luft darin folglich auf einen Raum von 8 Zoll zusammengedrückt wurde. Vermehrte er die Höhe des Quecksilbers in dem längeren Schenkel bis auf 34 Zoll, so sah er es in dem kürzeren auf 6 Zoll steigen, und für die Luft darin also nur einen

Raum von 6 Zoll übrig bleiben. Erreichte das Quecksilber in dem längeren Schenkel eine Höhe von 93 Zoll, so stieg es in dem kürzeren bis auf 9 Zoll, und die Luft darin war folglich auf einen Raum von 3 Zoll reduzirt. Zur Zeit, als dieser Versuch angestellt wurde, stand das Barometer 28 Zoll hoch; folglich war (wie gleich ausführlicher gezeigt werden wird) die Luftschichte an der Oberfläche der Erde, und daher auch die in dem kürzeren Schenkel abgesperrte Luft, ehe noch Quecksilber in den längeren Schenkel gegossen wurde, durch ein Gewicht zusammengedrückt, welches einer Quecksilber-Säule von demselben Durchmesser, und 28 Zoll Höhe gleich kommt. Durch die erste Portion des in den längeren Schenkel zugegossenen Quecksilbers wurde dieser Druck um 14 Zoll vermehrt, (denn von den 18 Zoll der Quecksilberhöhe im längeren Schenkel sind jene 4 abzuziehen, um welche das Quecksilber in dem kürzeren Schenkel in die Höhe stieg, und welche dann 4 Zoll Quecksilber im längeren Schenkel das Gleichgewicht hielten, folglich ihren Druck auf die Luft aufhoben); es wurde also jetzt die Luft durch das Gewicht von $28+14=42$ Zoll Quecksilber zusammengedrückt. Als die zweyte Portion Quecksilber zugegossen war, betrug der Druck $28 + 34 - 6$ also 56 Zoll Quecksilber; und durch die letzte Portion Quecksilber wurde er auf $28+93-9=112$ Zoll vermehrt. Der Druck verhält sich also in den 4 Perioden des Versuches wie 28, 42, 56, 112 und das Volumen der Luft wie 12, 8, 6, 3. Nun sieht man leicht, dass die Zahlen der Gewichte 28, 42, 56, 112 sich so zu einander verhalten, wie die in verkehrter Ordnung geschriebenen Zahlen der Luftvolumen, 3, 6, 8, 12. Es stehen also die Räume, welche die Luft einnimmt, mit den zusammendrückenden Gewichten im umgekehrten Verhältnisse: der Druck von 112 Zoll Quecksilber ist 4 Mahl so gross, als von 28 Zoll, daher nimmt die Luft unter jenem Drucke einen 4 Mahl klei-

neren Raum (3 Zoll), als unter diesem (12 Zoll) ein. — Da ferner die Dichtigkeit eines Körpers sich verkehrt, wie der erfüllte Raum verhält; so muss die Dichtigkeit der Luft mit der zusammendrückenden Kraft im geraden Verhältnisse zunehmen, d h. sie wird unter einem Drucke von 112 Zoll Quecksilber 4 Mahl grösser als unter einem Drucke von 28 Quecksilberzollen seyn. Da endlich die Elastizität der Luft mit der zusammendrükenden Kraft im geraden Verhältnisse stehen muss, so stehet sie auch im geraden Verhältnisse mit ihrer Dichtigkeit. — Fasset man die Resultate dieses Versuches zusammen, so spricht man das berühmte *Mariottesche Gesetz* mit folgenden Worten aus: *Die Dichtigkeit und Elastizität der Luft verhalten sich gerade wie die darauf drükkende Kräfte.*

Ob sich das Mariottesche Gesetz bey jedem Grade von Luftverdichtung und Verdünnung bewähret, können wir nicht mit Zuverlässigkeit bestimmen; bey den bisher bewerkstelligten Verdichtungen und Verdünnungen der Luft hat es sich bewährt. Daher kommt es, dass die ersten Schüsse aus einer Windbüchse mit frisch gepumpter Flasche die kräftigsten sind, und dass ihre Wirksamkeit mit ihrer Zahl abnimmt.

Gewicht der atmosphärischen Luft.

435. Die Atmosphäre wird eben so, wie alle übrigen sperrbaren Stoffe von der Erde angezogen, ist also schwer; oder so dünn sie auch seyn mag, muss doch eine beträchtlichere Ausdehnung derselben ein bemerkbares Gewicht haben; oder die Atmosphäre muss auf alle Gegenstände, die ihrer freyen Bewegung gegen den Mittelpunkt der Erde entgegenstehen, drücken. Dass wir den Druck der Atmosphäre nicht fühlen, kommt nebstdem, dass wir von Kindheit an daran gewöhnt sind, daher, weil er unter den gewöhnlichen Umständen, wegen der ungemeinen Flüssigkeit und Elastizität der

Luft ganz gleichförmig vertheilt ist, und weil ihm die in den Gefässen des Körpers eingeschlossene Luft das Gleichgewicht hält. Fühlt doch ein Taucher, derselben Ursache wegen, viele Klaftern tief in der See das grössere Gewicht des auf ihm lastenden Wassers nicht. Der Druck der Atmosphäre wird aber sehr merklich, wenn er auf einem Theil des Körpers aufgehoben wird, während er auf die andern fortdauert. Schliesst man eine Röhre, die auf dem Teller der Luftpumpe stehet, oben mit der flachen Hand, und pumpt die Luft aus der Röhre; so wird die Hand wie von einem grossen Gewichte in die Röhre hineingedrückt; weil der Druck der Atmosphäre auf den in die Röhre gerichteten Handteller aufgehoben ist, während er auf den Rücken der Hand noch fortdauert. Ein Blatt Papier, sey es auch noch so dünn, wird in ruhiger Luft durch das Gewicht derselben nicht im geringsten umgebogen, weil es von allen Seiten gleich gedrückt wird: schliesst man aber mit demselben die eben genannte Röhre, so wird es bey den ersten Kolbenzügen hineingedrückt und zerrissen werden. Dasselbe wird auch einer Blase, einer Glasscheibe, und noch viel festeren Substanzen widerfahren. Eine Glocke, die man auf den Teller der Luftpumpe stellt, kann man, ehe die Luft in derselben verdünnt wird, ohne Beschwerde wegnehmen und fortbewegen: ist aber die Luft darin bis auf einen gewissen Grad verdünnet, so bringt man sie mit aller Gewalt nicht vom Teller los; weil man nun einen grossen Theil des auf ihr ruhenden Luftgewichtes mittragen müsste.

Eine mit Quecksilber gefüllte Glocke kann man in Quecksilber ganz untergetaucht, sehr leicht aufheben, niederdrücken und nach allen Richtungen bewegen: will man sie aber über das Quecksilber herausheben, so dürfte, wenn die Glocke nur etwas geräumig ist, die Kraft eines Menschen leicht nicht hinreichend dazu seyn. Bey Versuchen mit Gasarten, wozu man sich des pneumatischen Quecksilberapparats bedienen muss, erneuert man oft diese Beobachtung.

436 Weil die Luft, als ein äusserst elastischer Körper gleichförmig nach allen Richtungen drückt, so geschieht es, dass, wenn man eine enge, oben und unten offene Glasröhre senkrecht in Wasser taucht, dann die obere Öffnung mit dem Finger verschliesst, und die Röhre wieder senkrecht herauszieht, das Wasser nicht ausläuft. Der Druck der Atmosphäre von oben ist durch den verschliessenden Finger aufgehoben; es drückt also die Luft bloss von unten und lässt das Wasser nicht aus der Röhre fliessen. Schüttelt man die Röhre, so dringt an den Seitenwänden Luft ein, und das Wasser fliesst aus. Statt des Wassers kann man sich bey diesem Versuche auch des Quecksilbers bedienen. Man kann den Versuch auch dahin abändern, dass man die Glasröhre nur mit dem unteren Ende in Wasser oder Quecksilber steckt, dann mittelst Saugen oder Pumpen die Luft durch die obere Öffnung aus der Röhre schafft: in diesem Falle wird man die Flüssigkeit in der Röhre in dem Verhältnisse über die Libelle in die Höhe steigen sehen, als die Luft in derselben verdünnt wird. In der Röhre wird nähmlich hier der obere Druck der Atmosphäre auf die Flüssigkeit vermindert, während dieselbe auf die Flüssigkeit ausser der Röhre noch mit ihrem ganzen Gewichte druckt und sie dadurch in der Röhre in die Höhe treibt. Wenn man eine nicht zu lange, gläserne, an dem einen Ende zugeschmolzene Röhre auf die gewöhnliche Art mit irgend einer Flüssigkeit füllt, die Öffnung mit dem Finger verschliesst, die Röhre umkehrt, und den Finger von der nun gegen unten gekehrten Öffnung wegnimmt, so rinnt die Flüssigkeit auch nicht aus. Mit weiteren Röhren oder Gefässen, z. B. mit Trinkgläsern lässt sich dieser Versuch nicht ohne Schwierigkeit anstellen, weil während des Umkehrens das Schwanken der Flüssigkeit, und das dadurch veranlasste Eindringen der Luft nicht vermieden werden kann. Beseitigt man diesen ungünstigen Umstand, z. B. da-

durch, dass man auf das volle Trinkglas ein Blatt Papier drückt, so gelingt der Versuch auch in diesem Falle.

437. Die Höhen, bis auf welche Flüssigkeiten durch den Druck der Atmosphäre in luftleeren Röhren getrieben, oder auf welchen sie dadurch erhalten werden, sind nicht unbegränzt, sondern für jede besondere Flüssigkeit sehr bestimmt. Wasser erreicht dadurch eine Höhe von 384 Zoll (32 Fuss), Quecksilber dagegen nur eine von 28 Zoll. Diese Höhe stehet mit dem spezifischen Gewichte der Flüssigkeiten im umgekehrten Verhältnisse, bey leichteren ist sie beträchtlicher als bey schwereren; so dass man, wenn nur die Höhe Einer Flüssigkeit z. B. des Wassers, bekannt ist, das Steigen jeder andern von bekanntem spezifischen Gewichte mit Zuverlässigkeit im Voraus berechnen kann: so wird z. B. das Quecksilber, welches 13,59 Mahl schwerer als Wasser ist, eben so vielmahl niedriger, also auf $\frac{384}{13,59} = 28$ Zoll stehen. — Da der Druck der Atmosphäre einer Quecksilbersäule von 28 W. Zoll Höhe das Gleichgewicht hält, so muss man annehmen, eine Säule der Atmosphäre wäge so viel, als eine Quecksilbersäule von demselben Durchmesser, und von 28 Zoll Höhe. Eine Quecksilbersäule von der genannten Höhe und 1 Quadratzoll Grundfläche wägt 12,6 Pfund; folglich drückt die Atmosphäre auf jeden Quadratzoll Oberfläche mit 12,6 W. Pfund, und auf jeden Quadratfuss mit 1814,4 W. Pfund. Bey diesen Rechnungen ist das Gewicht eines Kubikzolles Wasser zu 250,671 Gran und das spezifische Gewicht des Quecksilbers (nach Biot und Arrago) = 13,599 angenommen.

Der Körper eines erwachsenen Menschen von mittlerer Grösse biethet dem Drucke der Luft beyläufig 14 Fuss Oberfläche dar: folglich trägt ein solcher Mensch 14 × 1814, 4 = 25402 Pfund Luft, ohne dass er davon etwas empfindet. Darauf gründet sich auch der Versuch mit den *Magdeburgischen Halbkugeln*, den Otto Guericke (der Erfinder der Luftpum-

pe) im Jahre 1654 vor dem Kaiser Ferdinand III. auf dem Reichstage zu Regensburg anstellte. Er liess zwey metallene Halbkugeln von 1,78 W. Fuss Durchmesser an einander schleifen. Die eine davon hatte eine mit einem Hahne zu schliessende Öffnung, durch die er mittelst seiner Luftpumpe die Luft auszog, und die er dann verschloss. Nun liess er 30 Pferde anspannen und antreiben, ohne dass sie im Stande waren, die Halbkugeln aus einander zu reissen. Nach dem Vorigen lässt sich berechnen, dass der Druck der Luft auf die Oberfläche dieser Halbkugeln über 4325 Pfund betrug. — Das absolute Gewicht der ganzen Atmosphäre ist dem einer hohlen Quecksilberkugel gleich, deren Höhlung einen gleichen Durchmesser mit der Erde hat, und welche 28 Zoll Quecksilberdicke besitzet. Durch Rechnung findet man das mittlere absolute Gewicht der Atmosphäre beyläufig: 96:481''460:091,344.993 Wiener Zentner.

Von dem Gewichte oder dem Drucke der Luft in Verbindung mit ihrer Elastizität, worauf die ganze Einrichtung der Luftpumpe berechnet ist, hängen eine grosse Menge Erscheinungen ab. Das *Einathmen* wird nur durch diese zwey Eigenschaften der Luft möglich. Durch die Bewegung der Muskeln wird die Brusthöhle erweitert, und die äussere Luft strömt in die Lungen, um den dadurch entstandenen, leeren Raum wieder auszufüllen. Das Athemhohlen hat viele Ähnlichkeit mit den Bewegungen eines *Blasebalgs*, an dessen Stelle es manchmahl zum Anfachen des Feuers u. dgl. gebraucht wird. Das Aufziehen einer Flüssigkeit durch den sogenannten *Stechheber* geschieht durch das Verdünnen der Luft im Heber mittelst des Einathmens, worauf sie durch ihre Elastizität der äusseren Luft nicht mehr das Gleichgewicht hält, diese folglich die Flüssigkeit in die Höhe drückt. Das *Saugen*, *Schlürfen*, *Trinken*, *Tabakrauchen* geschieht gerade auf dieselbe Weise. Die Wirkung der *Schröpfköpfe*, in denen die vorher durch Wärme verdünnte Luft bey dem Erkalten sich zusammenzieht und nun einen kleineren Raum einnimmt, hat dieselbe Ursache. Auf dieselbe Art geschieht das Überziehen von Flüssigkeiten im Woulfeschen Apparate durch die Verbindungsröhren aus einer Flasche in die andere, wenn in der einen durch Wärme die Luft fortgetrieben oder die vorhandene Gasart absorbirt worden ist. Dasselbe geschieht, wenn eine Retorte mit ihrer Mündung in Wasser getaucht ist, wie z. B. bey der Quecksilberdestillation, zu Ende der Operation beym

Erkalten des Apparats häufig. Jedermann weiss, dass aus dem Zapfenloche eines Fasses jede Flüssigkeit gut herausfliesst, wenn das Spundloch offen ist, dass aber das Ausfliessen immer beschwerlicher wird, und endlich ganz aufhöret, wenn das Spundloch verstopft und dadurch der Druck der Luft auf die Oberfläche der Flüssigkeit im Fasse aufgehoben ist. So lange man die obere Öffnung des Stechhebers mit dem Daumen verschlossen hält, fliesst die aufgesogene Flüssigkeit nicht aus. — Auch eine grosse Zahl physikalischer Spielereyen lässt sich daraus erklären: das *magische* und *Mahon'sche Tintenfass*, die *Taschenschreibfedern mit Tinte*, der *magische Trichter*, der *Oehlkrug der Witwe*, das *Sieb der Vestalinn*, der *Zauber-* oder *auslassende Brunnen* u. dgl. m. Einen grossen Nutzen im gemeinen Leben leistet der Druck der Atmosphäre bey den Wasserpumpen, beym Heber und Barometer.

Saugwerke.

438. Die gemeine *Spritze* z. B. die Handfeuerspritze ist die einfachste Art von Pumpe. Wird die Spritze A B (Fig. 80) mit der Öffnung B in Wasser gesteckt und der Stempel b in die Höhe gezogen, so hinterlässt er einen luftleeren Raum, in welchen das Wasser in die Höhe steigt, ohne auszufliessen, wenn man auch die Spritze aus dem Wasser heraushebt und forträgt. Stösst man aber den Stempel b nieder, so spritzt das Wasser mit einer Gewalt und auf eine Höhe heraus, die mit der Enge der Öffnung und mit der stossenden Kraft im Verhältnisse stehet. — Die gemeine *Saugpumpe* (Fig. 81) zum Heben des Wassers aus der Tiefe auf die Oberfläche der Erde, besteht aus 3 wesentlichen Stücken: aus dem *Saugrohre* A B, aus dem *Stiefel* C D und aus dem *Kolben* F. Das Saugrohr stehet unten im Wasser, und ist oben bey A mit einem Ventile a geschlossen, welches sich aufwärts gedrückt öffnet, abwärts gedrückt aber das Rohr genau schliesst. In dem Stiefel bewegt sich der Kolben oder Stempel F luftdicht auf und ab, so dass er

bey seiner grössten Höhe D erreicht, bey seiner grössten Tiefe aber die Klappe a berührt. Der Kolben selbst ist durchbohrt, und die Öffnung oben mit dem Ventile b von derselben Einrichtung, wie das Ventil a, geschlossen. Gesetzt nun, der im Anfange mit dem Ventile a in Berührung stehende Kolben werde in die Höhe gezogen, so entsteht zwischen dem Ventile a und dem Boden des Kolbens ein luftleerer Raum; die Luft in der Saugröhre stösst daher das Ventil a auf und verbreitet sich in diesem Raume. Dadurch bleibt aber die Luft in demselben immer verdünnt, und kann dem Drucke der äusseren nicht das Gleichgewicht halten, durch welchen daher das Wasser in der Saugröhre in die Höhe getrieben wird. Nun hat der Kolben seine grösste Höhe erreicht und fängt an sich herabzubewegen. Dadurch wird die vorher verdünnte Luft verdichtet, will durch das Ventil a wieder in die Saugröhre treten, verschliesst sich aber diesen Ausgang selbst, und findet keinen andern, als die Klappe b in dem Kolben aufzustossen und hier zu entweichen. Das Wasser in der Saugröhre bleibt, weil das Ventil a den Druck der zusammengepressten Luft in dem Stiefel aufhält, auf derselben Höhe stehen, auf welche es vorher bey der Verdünnung der Luft während des Aufziehens des Kolbens gestiegen war. Wenn dieses Verfahren einige Mahle wiederhohlt und die Luft im Stiefel immer mehr (nähmlich jedes Mahl um den Theil, der beym Herabdrücken des Kolbens durch das Ventil b entweicht) verdünnt wird; so steigt das Wasser in der Saugröhre immer höher, später sogar über das Ventil a, füllt endlich den ganzen Stiefel aus, so dass beym Hinabdrücken des Kolbens Wasser, statt Luft, durch das Ventil b dringt, welches dann beym Heraufziehen des Kolbens zur *Ausgussröhre* G H herausfliesst. — Da der Druck der Atmosphäre, welcher eigentlich in dieser Maschine das Wasser im Rohre steigen macht, dasselbe nicht über 32 Fuss heben kann,

so ist auch hiermit der Wirksamkeit des Saugwerkes die Gränze gesetzt. Saugwerke, welche das Wasser 32 Fuss heben sollen, müssen schon äusserst genau construirt seyn. Vorzüglich muss darauf gesehen werden, dass bey dem niedrigsten Stande des Kolbens zwischen ihm und dem Ventile a kein Zwischenraum, den man, weil aus demselben die Luft nie ganz weggeschafft werden kann, den *schädlichen Raum* heisst, bleibe. Eine Pumpe mit einem solchen schädlichen Raume hebt das Wasser nie auf 32 Fuss. Man hält es für ein gutes Verhältniss, wenn die Saugröhre bis zum Ventille a sich 28 Fuss über die Oberfläche des Wassers erhebt, und wenn der *Spielraum des Kolbens* d. h. der Raum zwischen seinem höchsten und niedrigsten Stande im Stiefel, 4 Schuh beträgt.

439. Es gibt noch eine andere Art von Pumpen zum Wasserheben, die nicht auf dem Drucke der Atmosphäre beruhen, daher auch nicht auf die Höhe von 32 Fuss beschränkt sind, und die man *Druckwerke* heisst. Sie werden, obschon sie eigentlich nicht hierher gehören, nur der Vollständigkeit wegen kurz abgehandelt. Die Saugröhre A (Fig. 82) bis über das Ventil a, ja selbst noch der unterste Theil des Stiefels BC stehen unter Wasser. In den Stiefel mündet sich die seitwärts angebrachte *Steigröhre* DE mit dem Ventile b, welches sich gegen die Steigröhre hin öffnet, gegen den Stiefel zu aber schliesset. Steigt der Kolben F, welcher ganz voll und ohne Ventil ist, in die Höhe, so tritt das Wasser nach hydrostatischen Gesetzen vermög seiner Schwere, durch die Öffnung a in den Stiefel: drückt der Kolben herab, so schliesst sich das Ventil a, das Wasser drückt das Ventil b auf, und dringt in die Steigröhre, aus welcher ihm dasselbe Ventil den Rücktritt versperrt. Durch die nachkommenden Portionen bey wiederhohltem Spiele des Kolbens wird das Wasser in der Steigröhre immer höher gedrückt, bis es an die

Ausgussröhre gelangt, die in einer beliebigen Höhe angebracht seyn kann; nur versteht sich von selbst, dass eine um so grössere bewegende Kraft, und daher auch eine um so solidere Construction des Druckwerkes dazu gehöret, je höher das Wasser gehoben werden soll. — Man hat auch dergleichen Vorrichtungen, in welchen Saug- und Druckwerke verbunden sind.

Ventile oder *Klappen* sind Vorrichtungen, welche flüssigen Substanzen durch eine Öffnung den Durchgang nach einer gewissen Richtung leicht verstatten, den Rückgang aber verschliessen. — Weil bey einem einfachen Saugwerke, das Wasser aus der Ausgussröhre nur fliesst, wenn der Kolben in die Höhe steigt, und bey einem einfachen Druckwerke nur, wenn der Kolben abwärts drückt; so bringt man meistens zwey Stiefel und zwey Kolben an, wovon der eine in die Höhe steigt, während der andere abwärts wirkt. Eine solche Druckvorrichtung sehen wir bey der Feuerspritze (Fig. 78) zugleich mit dem Windkessel, um das Aussetzen des Wasserstrahls selbst während der kurzen Zeit als die Kolben wechseln, d. h. der gestiegene abwärts und der hinabgedrückte aufwärts zu gehen anfängt, zu verhüten. Gute Feuerspritzen sind nebst dem in der Figur sichtbaren doppelten Druckwerke auch mit einem Saugwerke versehen, durch welches die Spritze sich selbst das nöthige Wasser aus einem Flusse, Brunnen, aus einer Cisterne oder aus einem andern benachbarten Wasserbehältnisse, mit denen man das Saugwerk mittelst eines Schlauches in Verbindung setzt, zupumpet.

Heber.

440. Unter Heber verstehet man eine, wie in Fig. 83., ungleich schenklich gebogene Röhre. Steckt man den kürzeren Schenkel AC in eine Flüssigkeit, und saugt an dem längeren CB mit dem Munde, so füllt sich Anfangs der ganze Heber mit der Flüssigkeit, dann fängt diese aus dem längeren Schenkel bey B zu fliessen an, und höret nicht eher auf, bis die Oberfläche der Flüs-

sigkeit in dem Gefässe, A erreicht hat, und der kürzere Schenkel also nicht mehr eingetaucht ist. Um sich diese Wirkung des Hebers zu erklären, denke man sich den Heber voll. Die Atmosphäre wirkt auf die Säule in dem kürzeren Schenkel durch den Druck auf die Oberfläche DE der Flüssigkeit im Gefässe; auf die Flüssigkeitssäule in dem längeren Schenkel unmittelbar. Da der Druck der Atmosphäre einer Wassersäule von 32 Fuss das Gleichgewicht hält, so sucht sie die Flüssigkeit im kürzeren Schenkel mit diesem Gewichte, weniger der Säule DC, welche sie schon trägt, und die Flüssigkeit im längeren Schenkel mit dem genannten Gewichte weniger der Länge dieses Schenkels zu heben. Im ersten Falle muss, da weniger abgezogen wird, von diesem ursprünglichen Drucke mehr übrig bleiben als im zweyten; die Atmosphäre treibt also die Flüssigkeit in dem kürzeren Schenkel mit mehr Kraft in die Höhe als in dem längeren; diese kann daher jener nicht mehr das Gleichgewicht halten und fliesst aus. Da dieses Verhältniss dasselbe bleibt, so dauert der Ausfluss so lange, als der kürzere Schenkel die Oberfläche der Flüssigkeit noch erreicht. Da die Länge des in die Flüssigkeit getauchten Schenkels nur von der Oberfläche derselben DE bis zum höchsten Punkte des Hebers C gerechnet werden kann: so sieht man, dass das obengenannte Verhältniss auch bey einem gleichschenkelichen Heber eintreten muss, wenn der eine Schenkel etwas tief in die Flüssigkeit getaucht wird. Aus dem Gesagten erhellet aber auch, dass die Höhe von der Oberfläche des Wassers bis zum höchsten Punkte des Hebers höchstens 32 Fuss betragen darf, und dass man durch Heber dem Wasser keinen grösseren Fall geben kann, als es von Natur hat.

Um das Saugen mit dem Munde zu ersparen, kann man den Heber vor der Anwendung mittelst eines feinen Trichters mit der überzuziehenden Flüssigkeit anfüllen. Um das Sau-

gen bequem zu verrichten und der Unannehmlichkeit auszuweichen, dabey etwas von der Flüssigkeit in den Mund zu bekommen, bringt man noch die Röhre a b (Fig. 84) an, durch die man bey b mit dem Munde saugt, während man die Öffnung A mit dem Finger verschliesst, bis die übergesaugte Flüssigkeit dort angekommen ist. Es gibt auch *Blasheber*, die man durch Blasen in Gang bringt. Der sogenannte *Vexierbecher* (Diabetes Heronis F. 85) ist ein Gefäss, in welchem der Heber a b c angebracht ist. Man sieht leicht, dass dieser Heber erst dann in Gang kommen kann, wenn das Gefäss bis über c angefüllt ist, worauf aber der Becher sich ganz entleeret. Auf eine ähnliche Weise erkläret man sich durch heberartige, unterirdische Kanäle das Trokkenwerden des Zirknitzer Sees nach langem Regenwetter u. dgl. m. Am Kanale von Languedoc sind solche gemauerte Heber angebracht, um das Wasser, wenn es zu hoch steigt, wieder auf den Normalstand zurückzuführen.

441. Dass das Steigen der Flüssigkeiten in den Saugwerken und die Heberwirkungen wirklich von dem Drucke der Luft abhängen, erhält noch einen neuen Beweiss dadurch, dass sie im luftleeren Raume oder bey sonst verhindertem Drucke der Luft auf die auszupumpende oder überzuziehende Flüssigkeit, nicht Statt haben. Bringt man das Gefäss mit der Flüssigkeit, die man auspumpen will, unter die entleerte Glocke der Luftpumpe, so wird bey der besten Einrichtung des Saugwerkes und bey noch so lange fortgesetztem Pumpen nichts von der Flüssigkeit in die Höhe gehoben werden. Wird die Luft in der Glocke nur etwas verdünnt, so wird die Flüssigkeit wohl steigen, aber nicht so hoch als in freyer Luft. Dasselbe gilt auch vom Heber.

442. So innig wir auch heut zu Tage von dem Drucke der Atmosphäre überzeugt sind, und so leicht wir ihn auch jedem Zweifler durch eine zahllose Menge von Versuchen augenscheinlich machen können: so war doch derselbe den älteren Physikern bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts unbekannt. Sie erklärten die atmosphärische Luft für ein Wesen, welches weder

schwer noch leicht sey, und das Steigen der Flüssigkeiten in den Saug- und Hebervorrichtungen für eine Wirkung des *Abscheues*, den die Natur *vor dem leeren Raume* haben sollte. *Galilei* (geb. 1564, † 1642) als Zeuge des fruchtlosen Bestrebens eines Florentiner Gärtners, Wasser durch Saugwerke über eine Höhe von 32 Fuss zu heben, erregte zuerst Zweifel gegen diese der Natur angedichtete Idiosynkrasie; obschon er in der ersten Verlegenheit noch angab, der Abscheu der Natur vor dem leeren Raume erstrecke sich nur auf 32 Fuss. Er wiederhohlte den Versuch mit einer Röhre, die über 32 Fuss lang, oben und unten mit einem Hahne versehen war. Wurde die Röhre bey geschlossenem unteren Hahne durch den oberen mit Wasser gefüllt, dann dieser geschlossen und jener geöffnet, so floss das Wasser so lange aus, bis es auf eine Höhe von 32 Fuss gesunken war, auf der es stehen blieb. — Der Erste, welcher diese Erscheinungen dem Luftdrucke zuschrieb, war *Torricelli*, der den eben beschriebenen Versuch mit mehreren andern Flüssigkeiten, vorzüglich mit Quecksilber anstellte und bemerkte, dass diese auf einer, mit ihrem spezifischen Gewichte im umgekehrten Verhältnisse stehenden Höhe hängen blieben: das Quecksilber z. B., welches $13\frac{1}{2}$ Mahl schwerer ist, als Wasser, um eben so vielmahl weniger hoch als dieses; also 32 Fuss=384 Zoll, dividirt durch 13,5=28 Zoll. Durch diesen Versuch, der sich mit Quecksilber am bequemsten anstellen lässt, weil man dazu keiner so langen Röhren bedarf, wurde Torricelli, von dem man auch jene Röhre und den in ihr, wenn sie über 28 Zoll hoch ist, über dem Quecksilber entstehenden leeren Raum benannt hat, zum Erfinder des Barometers.

Barometer.

443. Wenn man eine 30 Zoll lange, an einem Ende zugeschmolzene, mit Quecksilber gefüllte Glasröhre mit

dem Finger verschliesst, umkehrt, in ein weiteres Gefäss mit Quecksilber taucht, dann den Finger wegnimmt; so fällt das Quecksilber augenblicklich bis auf ungefähr 28 Zoll. Vermehrt sich der Druck der Atmosphäre auf das Quecksilber im grösseren Gefässe, so steigt es in der Röhre über 28 Zoll, vermindert sich der Druck, so fällt es etwas tiefer. — Wenn nun an der Röhre ein Massstab (Skale) angebracht wird, nach welchem man die Erhebung der Quecksilbersäule in der Röhre über die Quecksilberfläche im grösseren Gefässe, nach Zollen und Linien genau angeben kann, so ist man mittelst dieser Vorrichtung im Stande, die im Drucke oder im Gewichte der Atmosphäre vorgehenden Veränderungen bequem zu beobachten. Desswegen hat man diese Einrichtung der Torricellischen Röhre *Barometer* oder *Baroskop* (Luftschweremesser oder Zeiger) genannt. — Dieses Instrument, welches eben im Zustande seiner grössten Einfachheit beschrieben worden ist, hat zu verschiedenen Nebenzwecken mancherley Veränderungen erlitten. Der Bequemlichkeit wegen hat man Anfangs das grössere Gefäss an die Röhre gekittet. Dann hat man die Röhre unten umgebogen (Fig. 86) und am zweyten, in die Höhe steigenden, kürzeren Schenkel c d, statt des Gefässes, die Erweiterung fg angebracht. Von der letzten Art sind die meisten der gemeinen als *Wettergläser* gebrauchten Barometer. Solche Barometer, wo der Druck der Luft mittelst einer grösseren Quecksilberfläche auf die Quecksilbersäule in der Röhre wirkt, und die man *Gefäss-* oder *Kapselbarometer* nennet, haben eine gemeinschaftliche Unvollkommenheit, die daraus entspringt, dass das Quecksilber in der Kapsel nicht immer dieselbe Höhe behält; denn steigt das Quecksilber in der Röhre, so wird aus der Kapsel mehr Quecksilber hineingedrückt, und es muss folglich in der Kapsel fallen; fällt es in der Röhre, so tritt mehr Quecksilber in die Kapsel, und es steigt also in dieser. Da

nun aber die Oberfläche des Quecksilbers in dem (grösseren) Gefässe der Nullpunkt ist, von dem man die Höhe der Quecksilbersäule in der Röhre zu messen anfängt, so sieht man, dass dieser Punkt im Gefässbarometer veränderlich ist. Ist die Skale, welche überhaupt nur den Abstand der oberen Quecksilberfläche (in der Röhre) über der unteren (in der Kapsel) angeben soll, fix, so wird sie niedrige Barometerstände zu hoch, und hohe zu niedrig angeben, also nur bey einem gewissen Stande des Barometers ganz richtig seyn. Man hat dieser Unvollkommenheit dadurch abzuhelfen gesucht, dass man dass Gefäss im Vergleich mit der Röhre sehr weit machte, oder dass man entweder die Barometerröhre selbst oder auch die Skale auf- und abwärts verschiebbar einrichtete, wobey man also vor jeder Beobachtung den Nullpunkt der Skale an die Quecksilberfläche im Gefässe rückte: oder dass man die desswegen nothwendige Correction gleich in der Skale anbrachte. — Dieser Verbesserungen ungeachtet behalten Gefässbarometer noch eine andere Unvollkommenheit wegen der ungleichen Wirkung der Adhäsion in der engen Röhre und in dem weiten Gefässe, welche macht, dass das Quecksilber in denselben immer etwas niedriger stehet, als es eigentlich stehen sollte.

Zu den gewöhnlichen Beobachtungen des Druckes der Atmosphäre an einem fixen Standpunkte, wo die Veränderungen in der Barometerhöhe höchstens 3 Zoll betragen, sind die gemeinen Kapselbarometer gut genug. Auch darf man zu diesem Zwecke nur jenes Stück des Massstabes, in welchem die Barometerveränderungen vorgehen, also von 27 bis 29 Zoll, anbringen.

444. Das *Heberbarometer* ist von den genannten Unvollkommenheiten der Gefässbarometer frey. Es bestehet aus einer zweyschenklichen Röhre ABCD (Fig. 87), die bey A zugeschmolzen, bey D offen ist. Die senkrechte Höhe derselben von B bis A beträgt beyläufig 34 Zoll,

Sie wird auf die gewöhnliche Art mit Quecksilber gefüllt; dann werden zwey Skalen angebracht, eine am längeren, die andere am kürzeren Schenkel. Der Nullpunkt kann wo immer hin gesetzt werden, nur muss er im längeren jenem im kürzeren Schenkel in derselben Höhe gerade gegenüber angebracht werden, z. B. in x und y. Die Luft wirkt durch ihr Gewicht auf das Quecksilber im offenen, kürzeren Schenkel, und drücket mittelst desselben das Quecksilber im längeren Schenkel in die Höhe, wenn sie am Gewichte zunimmt; so wie hingegen das Quecksilber durch sein Sinken im längeren Schenkel jenes im kürzeren Schenkel aufwärts drückt, wenn die Luft am Gewichte abnimmt. Man sieht daraus leicht ein, dass das Quecksilber im kürzeren Schenkel fallen muss, wenn es im längeren steigt; steigen hingegen in jenem, wenn es in diesem fällt, und dass die Länge der vom Gewichte der Luft gehobenen Quecksilbersäule um das zunimmt, um was das Quecksilber in CD unter Null sinkt, um jenes Stück hingegen abnimmt, um welches das Quecksilber in CD über Null steigt. Man muss daher zu der beobachteten Höhe des Quecksilbers in AB so viel Masstheile hinzuzählen, als der Abstand der Quecksilberoberfläche im kürzeren Schenkel unter Null beträgt, und im Gegentheile den Abstand derselben über Null von jener Höhe abziehen. Es stehe z. B. (wie es die Figur zeigt) das Quecksilber im längeren Schenkel auf 22 Zoll, im kürzeren auf 6 Zoll unter Null: so ist die eigentliche Barometerhöhe $22 + 6 = 28$ Zoll. Würde das Quecksilber im längeren Schenkel um 2 Zoll, also auf 20 Zoll fallen, so müsste es im kürzeren um 2 Zoll steigen, also nur 4 Zoll unter Null stehen, und die wahre Barometerhöhe wäre dann $20 + 4 = 24$ Zoll.

Um das doppelte Beobachten und das Rechnen zu vermeiden, hat man auch am Heberbarometer entweder die Skale oder die Röhre beweglich gemacht, so dass man vor jeder Beobachtung den Nullpunkt der Skale an die Oberfläche des Quecksilbers im

kürzeren Schenkel bringen kann. Bey Instrumenten dieser Art kommt es vorzüglich darauf an, dass die Röhre im längeren und kürzeren Schenkel, wenigstens dort, wo die Veränderungen im Stande des Quecksilbers vorgehen, durch sorgfältiges Calibriren gleichweit gefunden sey. Weil die gleiche Adhäsion im längern und kürzern Schenkel sich wechselseitig aufhebt, so steht dieses Barometer immer höher als das zu niedrig stehende Kapselbarometer. Der einzige Nachtheil am Heberbarometer ist dieser, dass es um die Hälfte weniger empfindlich ist als ein Kapselbarometer mit sehr weitem Gefässe d. h., dass man z. B. am Heberbarometer nur Unterschiede im Stande des Quecksilbers von $\frac{1}{16}$ Linien bemerken wird, wenn man am Kapselbarometer noch Unterschiede von $\frac{1}{32}$ Linie erkennet. Gleich nach Erfindung der Barometer trachtete man vorzüglich, kleine Veränderungen in ihrem Stande sehr deutlich bemerkbar zu machen. Diesen Zweck hatte *Huygens Doppelbarometer*, *Morland's schiefliegendes*, *Bernoulli's rechtwinkliches Barometer*, *Hook's Radbarometer* u. a. m., die aber alle wegen anderer, wesentlicherer Gebrechen wieder aufgegeben wurden. Man hat auch *Barometergraphen*. Für *Reisebarometer* sind Vorrichtungen zum Sperren des Quecksilbers, um die schwankende Bewegung desselben in der Röhre zu verhindern, oder auch für das Quecksilber ganz geschlossene und nur für die Luft durchdringbare hölzerne Kapseln von grossem Nutzen.

445. Ein gutes Barometer muss aus einer nicht unter zwey Linien weiten, genau cylindrischen, also gut calibrirten, gereinigten und getrockneten Röhre verfertigt und mit reinem Quecksilber gefüllt seyn. Der Raum über dem Quecksilber muss möglichst luftleer seyn und bleiben. Für den letzten Zweck ist das Auskochen des Quecksilbers in der Röhre selbst unerlässlich; denn sonst befindet sich im Quecksilber immer etwas Luft, die sich nach und nach in der Torricellischen Leere sammelt und sowohl den Stand als die Bewegungen des Barometers unrichtig macht. Die Skale muss nach einem richtigen Massstabe mit grösster Genauigkeit bis auf Viertellinien eingetheilt seyn. Das Instrument muss ganz senkrecht hängen, und vor jeder Beobachtung etwas geschüttelt

oder mit der Hand geklopft werden, um den seine Bewegung hindernden Einfluss der Adhäsion des Quecksilbers an das Glas aufzuheben. — Das Quecksilber bildet in der Glasröhre eine convexe Oberfläche: man bestimmt seinen Stand nach dem höchsten Punkte seiner Convexität, nicht nach dem das Glas berührenden Seitenrande. Das Auge muss bey der Beobachtung diesem höchsten Punkte gerade gegenüber d. h. nicht höher und nicht tiefer sich befinden, welches man daran erkennet, wenn das Bild des Striches an der Skale, welcher der beobachteten Höhe entspricht, in dem Quecksilberspiegel der Röhre ganz horizontal erscheint. Zur grösseren Genauigkeit ist auch manchmahl ein Nonius (Vernier) oder ein convexes Glas mit einem Absehen angebracht. — Vorzüglich muss man aber bey Barometerbeobachtungen auf die Temperatur des Quecksilbers Rücksicht nehmen; denn bey höheren Temperaturen ist das Quecksilber leichter, wird folglich von demselben Gewichte Luft etwas mehr in die Höhe gedrückt, als bey niedrigeren Temperaturen. Man nimmt daher bey Barometerbeobachtungen eine gewisse Temperatur (gewöhnlich den Eispunkt oder o R.) als Normaltemperatur an, und reduzirt alle Beobachtungen auf dieselbe. Das Quecksilber vermehrt für jeden Reaumur'schen Grad Temperaturszunahme sein Volumen um $\frac{1}{4330}$, folglich für 80 Grade um $\frac{80}{4330}$ d. h. wenn die eiskalte Quecksilbersäule im Barometer bey einem bestimmten Luftdrucke 28 Zoll oder 336 Linien hoch ist, so wird sie, bis zum Siedepunkte des Wassers erhitzt, bey demselben Luftdrucke $336 + (336 \times \frac{8}{433}) =$ 342,2 Linien oder 28,517 Zoll hoch seyn. Hier beträgt also der bloss aus der Temperatur des Quecksilbers entspringende Unterschied im Barometerstande schon über einen halben Zoll, welcher von der beobachteten Barometerhöhe abgezogen werden muss, wenn man sie auf den Stand beym Eispunkte reduzirt. Ist die Temperatur des Barometers unter dem Eispunkte, so muss die

nach der obigen Regel gefundene Zahl bey der Reduction der beobachteten Höhe auf die Normaltemperatur hinzugezählt werden: z. B. die Temperatur des Quecksilbers sey zur Zeit der Beobachtung — 15° R. und die beobachtete Barometerhöhe 27 Zoll und 9 Linien oder 333''', so wird die auf den Eispunkt reduzirte Höhe 333 + $(\frac{15}{4330} \times 333) = 334{,}2$ Linien betragen. — Diese Reduction des Barometerstandes auf eine bestimmte Temperatur heisst man *die Berichtigung wegen der Temperatur des Quecksilbers.* Jene Barometerbeobachtungen, wobey diese Berichtigung nicht angebracht oder die Temperatur nicht bey jeder Beobachtung angegeben ist, können mit einander nicht verglichen werden. Desswegen soll so nahe als möglich an der Röhre eines guten Barometers ein Thermometer (Barometerthermometer) befestigt seyn.

446. Da die Höhe der Quecksilbersäule im Barometer von dem Gewichte der darauf drückenden Säule atmosphärischer Luft von einem gleichen Durchmesser abhängig ist: so muss sich der Stand des Barometers ändern, wie das Gewicht dieser Luftsäule eine Änderung erleidet. Ein Umstand, von dem das Gewicht der genannten Luftsäule abhängt, ist die Höhe derselben. So wie die Luft in einem Trinkglase, welches man senkrecht mit abwärts gekehrter Mündung unter Wasser taucht, desto mehr in die Höhe oder zusammengepresst wird, je tiefer man es unter die Oberfläche des Wassers drückt, je höher also die darauf drückenden Wassersäulen werden: so muss auch dass Quecksilber im Barometer desto höher getrieben werden, je länger oder höher, unter übrigens gleichen Umständen, die darauf drückende Luftsäule ist. Da nun auf hohen Bergen diese Luftsäule um die ganze senkrechte Höhe des Berges kürzer wird, so muss dort das Thermometer tiefer stehen, als in Thälern oder tief liegenden Ebenen.

Es ist leicht begreiflich, dass das Quecksilber im Barometer unter der Glocke der Luftpumpe desto mehr fallen muss, je mehr die Luft in der Glocke verdünnt wird. Daher braucht man auch Barometer als Anzeiger der durch Luftpumpen hervorgebrachten Luftverdünnung.

447. Man bemerkt auch Veränderungen im Stande eines an demselben Orte ruhig hängenden Barometers, welche beweisen, dass Veränderungen im Gewichte der auf ihn drückenden Atmosphäre vorgegangen sind. Am Äquator sind diese Barometerveränderungen unbeträchtlich, je näher man aber an die Pole kommt, desto häufiger und beträchtlicher werden sie. In Peru z. B. beträgt der grösste Unterschied im Barometerstande nur 2 Linien, in Deutschland schon 3 Zoll. Man findet die *mittlere Barometerhöhe* eines Ortes auf dieselbe Art, wie man die mittleren Thermometerhöhen (die mittlere Temperatur) findet, indem man die Summe einer grossen Zahl von Beobachtungen durch diese Zahl selbst dividirt. Nach den auf der Wiener Universitäts-Sternwarte, durch 20 auf einander folgende Jahre, täglich 3 Mahl angestellten Beobachtungen ist daselbst die mittlere Barometerhöhe 28 Zoll 4,903 Linien oder 340,908 Linien, bey einer mittleren Temperatur des Barometers von + 14°,59 R; folglich ist diese mittlere Barometerhöhe auf eiskaltes Quecksilber reduzirt 28,315″ oder 339,775.‴ Zum Vergleichungspunkte der mittleren Barometerhöhen aller Gegenden, nimmt man die an der Meeresfläche, welche in dem gemässigten, nördlichen Himmelsstriche 28,895 Wiener Zoll oder 346,74 Wiener Linien beträgt. — Diese Veränderungen im Barometerstande sucht man durch Strömungen von Luftmassen zu erklären, die entweder durch Wärme oder durch Dünste oder auch dadurch, dass sie aus einer höheren oder tieferen Schichte der Atmosphäre kommen, in ihrem spezifischen Gewichte verschieden sind von der Luft, die sie aus jener Gegend verdrängen, wo das Barometer steigt oder fällt.

De Luc stellt den Satz auf, es werde Luft in Wasser und Wasser in atmosphärische Luft verändert. Dass übrigens chemische Prozesse in der Atmosphäre auf ihr Gewicht einen grossen Einfluss haben, ist ohne Zweifel, und weil auf solche chemische Veränderungen häufig auch Veränderungen in der Witterung folgen, so trifft das Steigen und Fallen des Barometers öfters mit ihnen zusammen. So ist z. B. am Äquator die Witterung eben so beständig, und näher an den Polen eben so veränderlich als der Barometerstand. Wer jedoch bedenkt, dass einige chemische Veränderungen in der Atmosphäre auch ohne merkliche Vermehrung oder Verminderung ihres Gewichtes vorgehen können; dass eingeleitete chemische Veränderungen wieder zurückgehen können, ehe sie noch eine Wetterveränderung zu bewirken im Stande waren; endlich dass wegen des Bestrebens der Atmosphäre, sich immer ins Gleichgewicht zu setzen, Veränderungen derselben auf ihr Gewicht in sehr entfernten Gegenden, wo keine die Witterung ändernde chemische Prozesse vorgehen, Einfluss haben: der wird dem Barometer als Witterungsverkündiger und als Wetterglas nicht mehr zumuthen, als es leisten kann, welches immer nur sehr wenig Zuverlässiges ist. (S. *Ant. Pilgram's* Untersuchungen über das Wahrscheinliche in der Wetterkunde. Wien 1788. 4.)

448. Wenn die Atmosphäre ihrer ganzen Ausdehnung nach von derselben Dichte, wie an dem Orte der Beobachtung wäre; so könnte man ihre Höhe sehr leicht berechnen. Da nähmlich die Luft (nach Biots Abwägungen, wenn Luft und Quecksilber am Ufer des Meeres unter dem 45. Grade der Breite und auf dem Eispunkte sind) 10466,8 Mahl leichter als das Quecksilber ist; so muss eine Luftsäule, welche einer 28 Zoll hohen Quecksilbersäule das Gleichgewicht hält, $10466{,}8 \times 28 = 293070$ Zoll oder 24422 Fuss hoch seyn. Allein da nach dem Mariotteschen Gesetze die Atmosphäre im Verhältnisse

der darauf lastenden Gewichte zusammengedrückt oder dichter wird: so sieht man leicht ein, dass die Dichtigkeit der Luft mit der Entfernung von der Erde immer abnehmen muss, oder dass die oberen Luftschichten dünner als die unteren seyn müssen. Jede Luftschichte wird durch das Gewicht der andern, noch über ihr befindlichen zusammengedrückt; da nun über einer unteren Schichte noch eine grössere Masse Luft befindlich ist als über einer oberen, so wird die obere Schichte um das ganze Gewicht der zwischen ihr und der unteren befindlichen Luftmasse weniger als diese zusammengedrückt; daher muss die obere dünner, die untere dichter seyn. Durch Rechnung findet man, dass die Dichtigkeit der Luftschichten in einem geometrischen Verhältnisse abnimmt, während ihre Höhe in einem arithmetischen Verhältnisse zunimmt. Denkt man sich z. B. die ganze Atmosphäre in 1000 über einander liegende Schichten getheilt, und hat man gefunden, dass sich die Dichtigkeit der ersten (untersten) Schichte zur Dichtigkeit der zweyten wie 100: 99 verhält: so wird sich auch die Dichtigkeit der vierten zur fünften und eben so auch die Dichtigkeit der 999ten zur Dichtigkeit der 1000sten wie 100:99 verhalten. — Da die Dichtigkeit der Atmosphäre mit dem zusammendrückenden Gewichte der über ihr befindlichen Luft im geraden Verhältnisse stehet, und da dieses Gewicht durch die Höhe des Quecksilbers im Barometer angezeigt wird: so muss sich auch die Dichtigkeit der Atmosphäre an irgend einem Orte gerade wie die Höhe der Quecksilbersäule daselbst verhalten. Gesetzt der Barometerstand sey am Fusse eines Berges 28 Zoll, auf seinem Gipfel 27 Zoll; so wird sich auch die Dichtigkeit der Atmosphäre an dem niederern Orte zu jener am höheren Orte, wie 28 zu 27 verhalten. Man findet daher das spezifische Gewicht der atmosphärischen Luft in jeder beliebigen Höhe, wenn man den Stand des Barometers in derselben, und das Verhältniss des spezifischen Gewichts des

Quecksilbers zu jenem der atmosphärischen Luft bey irgend einem Barometerstande z. B. bey 28,895 Zoll (dem mittleren Barometerstande an der Meeresfläche) kennet; man darf nähmlich nur die Zahl, welche das spezifische Gewicht des Quecksilbers gegen das der Luft, als Einheit angenommen, bey 28,895 Zoll Quecksilber Höhe ausdrückt, mit dieser Zahl (28,895) multipliziren und das Produkt durch den andern gegebenen Barometerstand dividiren, so zeigt der Quotient das Verhältniss des spezifischen Gewichts des Quecksilbers zum spezifischen Gewichte der atmosphärischen Luft bey diesem Barometerstande an. Z. B. Bey 28,895 W. Zoll Quecksilberdruck ist das Quecksilber 10466,8 Mahl schwerer als die Luft; um wie viel Mahl wird jenes spezifisch schwerer seyn als dieses, bey einer Barometerhöhe von 20 W. Zoll?

$$\frac{28{,}895 \times 10466{,}8}{20} = 15122.$$

Hier ist also das Quecksilber schon 15122 Mahl schwerer als die Luft, oder diese 15122 Mahl leichter als jenes.

Wenn das Mariottesche Gesetz bis zu jeder Verdünnung und Verdichtung der Luft richtig ist, so folgt aus dem Gesagten, dass die Atmosphäre gar keine Gränzen hat, obschon sie zuletzt über alle Begriffe dünn werden muss. Dieses würde die Behauptung bestätigen, dass jeder Weltkörper durch seine Anziehung die im ganzen Weltraume zerstreuten Materialien seiner Atmosphäre um sich verdichtet habe. Andere nehmen an, die Atmosphäre reiche so weit, bis sie den grössten Grad von Verdünnung erleidet, den wir bisher in unsern besten Maschinen haben hervorbringen können; dann stehe ihre Expansivkraft mit der Anziehung der Erde und ihrer Schwungkraft im Gleichgewichte, wodurch auch ohne Druck der weiteren Verbreitung derselben Gränzen gesetzt werden. Nach dieser Annahme berechnet *Hube* die Höhe der Atmosphäre auf 8 geographische Meilen. Fast eben so hoch ist sie von Andern nach den Phänomenen der irdischen Strahlenbrechung bestimmt worden. Noch Andere geben der Atmosphäre eine viel beträchtlichere Höhe, indem sie die Sternschnuppen noch innerhalb derselben annehmen, welche man

schon über 50 Meilen hoch beobachtet hat. — Die Atmosphäre muss, wenn sie scharf begränzt ist, am Äquator höher als an den Polen seyn, und gleichsam aus zwey schiefen Flächen bestehen, die sich von den Polen gegen den Äquator erheben und hier in einem Winkel vereinigen. — Gäbe es in der Erde einen 10 Meilen tiefen Schacht, so würde sich die Luft darin durch ihr eigenes Gewicht so sehr verdichten, dass sie in einer Tiefe von 7 Meilen schon dichter als Wasser wäre, dass in einer Tiefe von 9 Meilen Zinn, und in einer Tiefe von 10 Meilen Gold darauf schwimmen würde. So ist Franklins Ausspruch, dem zu Folge die Luft für den dichtesten Körper gilt, zu nehmen.

449. Ein Körper, der in der freyen Luft gewogen wird, verliert so viel von seinem Gewichte, als ein gleiches Volumen der Luft wägt (§. 81): ein Körper von grösserer Ausdehnung demnach mehr als ein anderer von geringerer Ausdehnung. Wenn zwey Körper von sehr verschiedenem Volumen z. B. eine grosse, aber leichte, leere Flasche und ein Stück Bley an einer Wage im Gleichgewichte sind, so bleiben sie es nicht, wenn sich die Dichtigkeit der Luft ändert; denn in dichterer Luft verliert der voluminosere Körper mehr von seinem Gewichte und wird also leichter; in verdünnterer Luft beträgt sein Gewichtsverlust weniger und er wägt darin also mehr, als der dichtere Körper am andern Ende des Wagebalkens. Darauf gründet sich die Einrichtung der *Manometer* oder *Dasymeter* d. h. Werkzeuge, womit man die verhältnissmässige Dichtigkeit der Luft an verschiedenen Stellen (so wie mit dem Nicholson'schen Gravimeter das spezifische Gewicht von tropfbaren Flüssigkeiten) bestimmt. Das älteste und bisher noch gebräuchlichste Manometer von *Otto Guerike* erfunden und vom Ritter von *Gerstner* in Prag verbessert, besteht der Hauptsache nach in der eben beschriebenen Wage.

Eine Beschreibung und Abbildung davon findet man in Gren's Journal der Physik B. IV. S. 172—189. — Auf demselben hydrostatischen Gesetze beruhet auch die Einrichtung der *Aerostaten* oder *Luftbälle.* Damit ein Luftball sich in

der Luft erhebe, muss er sammt allem, was daran hängt, weniger wägen, als das Volumen atmosphärischer Luft, welches er verdrängt. Man erreicht diesen Zweck, wenn man entweder die gemeine Luft in dem Ballon durch Feuer verdünnet *(Montgolfièren)*, oder indem man den Ballon mit einer Luftart füllt, welche ursprünglich spezifisch leichter als atmosphärische ist, z. B. mit Wasserstoffgas *(Charlièren)*.

Höhenmessen mit dem Barometer.

450. Gleich nach Erfindung des Barometers durch Torricelli (1643) kam *Pascal* auf den Gedanken, dass es auf Bergen tiefer stehen müsse als auf Ebenen. *Perrier* machte den Versuch und fand, dass das Quecksilber im Barometer um 3 Zoll $1\frac{1}{2}$ Linie fiel, wenn er damit von Clermont auf den 500 Toisen hohen Berg *Puy de Dôme* stieg. Diese Erfahrung musste ganz natürlich auf die Idee führen, das Barometer als ein Instrument zur Bestimmung von Berg- oder auch anderer Höhen zu gebrauchen. — Um einzusehen, wie man aus dem Barometerstande auf die Erhebung eines Ortes über den andern schliessen, oder wie man eine Luftsäule mit dem Barometer abwägen und daraus ihre Höhe berechnen könne, wollen wir fürs erste die Luft allenthalben als gleichdicht und 10466,8 Mahl spezifisch leichter als Quecksilber annehmen. Steigt man mit dem Barometer von einem Orte, wo es auf 28 Zoll steht, an einen andern, wo es bis auf 26 Zoll fällt: so muss eine um $2 \times 10466{,}8$ Zoll kürzere Luftsäule oben auf das Quecksilber drücken, als unten, und man muss daher 20933,6 Zoll oder 1744,5 Fuss hoch gestiegen seyn. — Da aber die Luft in verschiedenen Höhen nicht gleich dicht und daher das Verhältniss ihres spezifischen Gewichtes zu jenem des Quecksilbers veränderlich ist: so muss man erst die mittlere Dichtigkeit der Luft zwischen den zwey gegebenen Stationen von verschiedener Höhe, nach dem §. 448 angegebenen Regeln bestimmen, dann mit der

Zahl, welche man für das spezifische Gewicht des Quecksilbers gegen die dortige Luft als 1 gefunden hat, den Unterschied in den Barometerständen multipliziren, um die senkrechte Entfernung der zwey Stationen zu erfahren.

Wenn der mittlere Barometerstand an der höheren und niederen Station bekannt ist, so lässt sich aus diesem die Berechnung am zuverlässigsten machen: sonst muss man sie auf gleichzeitige, correspondirende Barometerbeobachtungen an beyden Stationen gründen — Der mittlere Barometerstand am Ufer des Meeres ist 28,895 W. Zoll; auf der Wiener Sternwarte 28,315. (beydes bey 0 R. des Quecksilbers im Barometer). Man findet den mittleren Barometerstand zwischen beyden Stationen, wenn man sie addiret und durch 2 dividiret $\frac{28,895 + 28,315}{2} = 28,605$. Nach dem §. 448 angegebenen Verfahren $\left(\frac{10466,8 \times 28,895}{28,605}\right)$ erhält man 10573,3 als die Zahl, welche das spezifische Gewicht des eiskalten Quecksilbers gegen eiskalte Luft als Einheit bey der genannten mittleren Barometerhöhe ausdrückt. Mit dieser Zahl multiplizire man den Unterschied der beyden Barometerstände $\left(28,895 - 28,315 \times 10573,3\right)$, so erhält man 6132 W. Zoll = 85 Wiener Klaftern als die Höhe des Beobachtungsortes auf der Wiener Sternwarte über die Meeresfläche.

451. Eine andere Methode, Höhen mittelst des Barometers zu messen, gründet sich auf das Gesetz, dass die Höhen in einem arithmetischen Verhältnisse zunehmen, während in einem geometrischen Verhältnisse der Druck der Luft abnimmt oder das Barometer fällt. Die Zahlen, welche die Barometerstände, und jene, welche die entsprechenden Höhen ausdrücken, bilden also zwey Reihen, und zwar die ersteren eine abnehmende geometrische, die lezteren eine zunehmende arithmetische. Drückt man die Barometerstände an zwey Orten von verschiedener Höhe mit Zahlen aus: so sind die Logarithmen dieser Zahlen die entsprechenden Glieder der arithmetischen Reihe. Wenn man die Differenz der Logarithmen mit einem *beständigen Coëffizienten* mul-

tiplizirt; so erhält man die gesuchte Höhe in einem bestimmten Masse. — Den beständigen Coëffizienten erhält man, wenn die Zahl, welche das spezifische Gewicht des Quecksilbers gegen jenes der Luft als Einheit bey einem bestimmten Barometerstande ausdrückt, mit diesem Barometerstande multipliziret wird. Damit man aber, statt der natürlichen, die gemeinen oder Briggischen Logarithmen brauchen könne, muss man jenes Produkt noch mit dem Modulus des Briggischen Logarithmen-Systems = 2,3025851, multipliziren Es ist leicht begreiflich, dass dieser beständige Coëffizient für jeden Massstab anders ausfallen muss. So ist er für Wiener Mass (da der Barometerstand an der Meeresfläche 28,895 Zoll = 0,4013 Klaftern ist) 10466,8 × 0,4013 × 2,3025851 = 9671 W. Klaftern. Für Pariser Toisenmass ist diese beständige Zahl 9412 Toisen; für neufranzösisches Metermass 18316,6 Meter. Man muss jeder Zeit den Coëffizienten jenes Massstabes brauchen, dessen man sich zur Bestimmung der Barometerhöhen bedienet hat.

Als *Saussure* die Höhe des *Montblanc* mass, stand das Barometer in Genf 27,887 W. Zoll, auf der Spitze des Montblanc 16,458'' (beyde Barometerstände auf 0 R. des Quecksilbers reduzirt). Wie hoch ist der Montblanc über Genf erhoben? In den gewöhnlichen Logarithmentafeln findet man den Logarithmus von 27,887 = 1,4454018

Logarithmus von	27,887 = 1,4454018
von	16,458 = 1,2163771
folglich die Differenz	0,2290247

Das Produkt dieser Differenz mit der beständigen Zahl 9671 gibt 2215 W. Klaftern als *genäherte* Höhe des Berges über Genf. — Wenn man die Höhe der Wiener Sternwarte über die Meeresfläche nach den im vorigen Paragraphe angegebenen Elementen durch Logarithmen bestimmen will, so findet man

den Logarithmus von	28,895 = 1,4608227
von	28,315 = 1,4520166
Differenz	0,0088061
	9671
Produkt mit der beständigen Zahl für Wiener Klaftern	85,1637931

Also genau 85 Klaftern, wie nach der vorigen Methode.

452. Um das Höhenbestimmen aus Barometerbeobachtungen zu erleichtern, und das Rechnen abzukürzen, hat man mancherley Hülfstafeln verfertigt, wovon die von *Englefield* die einfachste, und doch zur Bestimmung gewöhnlicher Berghöhen genau genug ist. Sie folgt hier durch den Herrn Ritter und Professor von *Triessnecker* vom englischen auf Wiener Mass übertragen, und gibt für jede Höhe den Werth von $\frac{1}{10}$ Zoll in W. Fuss an.

W. Zoll.	W. Fuss.	W. Zoll.	W. Fuss.
19,340	130	24,157	104
—,485	129	—,397	103
—,633	128	—,639	102
—,784	127	—,883	101
—,938	126	25,128	100
20,096	125	—,383	99
—,256	124	—,644	98
—,420	123	—,911	97
—,588	122	26,189	96
—,759	121	—,468	95
—,933	120	—,749	94
21,110	119	27,038	93
—,290	118	—,331	92
—,472	117	—,628	91
—,657	116	—,927	90
—,845	115	28,234	89
22,035	114	—,554	88
—,228	113	—,884	87
—,425	112	29,227	86
—,625	111	—,564	85
—,827	110	—,903	84
23,039	109	30,258	83
—,256	108	—,628	82
—,476	107	31,012	81
—,701	106		
—,930	105		

Will man sich dieser Tabelle bedienen, so nimmt man zuerst das Mittel aus beyden beobachteten Barometerhöhen, indem man sie zusammenaddiret und die Summe halbiret. Dann suche man auch die Differenz der beyden Barometerhöhen in $\frac{1}{10}$ Zollen, indem man die kleinere von der grösseren abzieht. Nun suchet man in der Tabelle die zu jener mittleren Höhe gehörige Zahl in Fussen. Mit dieser Zahl multiplizire man die gefundene Differenz in $\frac{1}{10}$ Zollen, so gibt das Produkt die gesuchte Höhe in Wiener Fussen. Wenn die gefundene mittlere Barometerhöhe in der Tabelle nicht vorkommt, so nehme man die Fusszahl von jener, die ihr am nächsten kommt, oder, wenn man noch genauer seyn will, berechne man sie aus dieser durch eine einfache Regel de Tri.

Es soll mittelst dieser Tabelle die Höhe des Beobachtungszimmers auf der Wiener Sternwarte über die Meeresfläche gefunden werden:

Mittlerer Barometerstand an der Meeresfläche . .	28,895
— — — — — — auf der Sternwarte . .	28,315
Differenz in $\frac{1}{10}$ Zollen	5,80
Summe	57,210
Mit 2 dividiret	28,605

als mittlere Barometerhöhe zwischen beyden Stationen. Diese Zahl findet sich unter den mittleren Barometerständen der Tabelle nicht; am meisten nähert sich ihr aber die darin befindliche Barometerhöhe von 28,″554, welcher die Zahl 88 Fuss entspricht. Wenn die Differenz 5,8 mit 88 multiplizirt wird, so erhält man 510 Fuss als die gesuchte Höhe. 510 Fuss sind gleich 85 Klaftern, also der nach den vorigen zwey Methoden gefundenen Höhe des Observatoriums in Wien über der Meeresfläche. Will man noch genauer seyn, so findet man durch den Regel de Tri-Satz: 28,554 : 28,506 = 88 : 87,85 als die der mittleren Barometerhöhe 28,″506 genau entsprechende Zahl in Fussen, und dann als Resultat 509,5 Fuss, welches von dem vorigen um weniger als Einen Fuss verschieden ist.

453. Eine Hauptbedingung zur Genauigkeit der Höhenmessungen mit dem Barometer ist die Richtig-

keit und Beständigkeit des einmahl angenommenen Verhältnisses des spezifischen Gewichtes zwischen Luft und Quecksilber. Sobald dieses Verhältniss unrichtig oder durch Nebeneinflüsse verändert wird, so erhält man auch fehlerhafte Resultate. Das oben angegebene Verhältniss des spezifischen Gewichtes des Quecksilbers gegen jenes der Luft (10466,8 : 1) gilt nur genau unter den dort angeführten Bedingungen von ganz reinem, eiskalten Quecksilber gegen vollkommen trockene, eiskalte Luft. Daher muss das Barometer mit ganz reinem Quecksilber gefüllt, gut ausgekocht seyn, und es muss die jedesmahlige Barometerhöhe auf o R. des Quecksilbers reduziret werden. — Da ferner dieser Ursache wegen die oben angegebenen Formeln nur für eiskalte Luft gelten können, die Luft sich aber durch Erwärmung beträchtlich ausdehnet, also leichter wird; so muss eine höhere Schichte von warmer (leichterer) als von kalter (spezifisch schwererer) Luft erfordert werden, um durch ihr Hinzu- oder Wegkommen eine gleiche Veränderung im Barometerstande hervorzubringen. Wenn daher die Temperatur der Luft bey Höhenmessungen mit dem Barometer nicht genau o R. ist, so macht sie eine eigene Correction nothwendig. Daher muss man bey jeder Barometerbeobachtung die Temperatur der Luft mit eigenen, vom Barometer getrennten (detachirten) Thermometern mit allen oben empfohlenen Vorsichtsmassregeln (vorzüglich gegen Localerwärmungen) nehmen. — Die Luft dehnt sich für jeden Reaumurschen Grad um 0,0047 ihres Volumens aus; folglich sollte man die nach den obigen Formeln gefundene (*genäherte*) Höhe für jeden Grad R. über o um ihren 0,0047 Theil vermehren, und für jeden R. Grad der Luft unter o um eben so viel vermindern. Da aber die Luft nie ganz trocken ist, und durch die enthaltene Feuchtigkeit bey Erhöhung der Temperatur in einem etwas grösseren Verhältnisse leichter wird; so multipliziret man die gefundene genäherte Höhe gewöhnlich

so oft Mahl mit 0,005, als die mittlere Temperatur der zwischen den zwey Stationen befindlichen Luftschichte Reaumursche Grade über 0 beträgt. Die mittlere Temperatur dieser Luftschichte findet man, wenn man die Temperatursgrade der Luft an der unteren und oberen Station addiret (wenn beyde über oder beyde unter Null sind, sonst muss man die kleinere Zahl von der grösseren abziehen) und mit 2 dividiret. Zeigt die mittlere Temperatur Grade unter 0 R., so muss der gefundene Werth von der genäherten Höhe abgezogen werden.

Bey den eben (Anmerk. zu §. 451) angeführten Saussure'schen Beobachtungen betrug die Temperatur der Luft in Genf + 22°,6 R., auf dem Montblanc — 2°,3 R. Die mittlere Temperatur war folglich

$$\frac{22,6 - 2,3}{2} = + 10,15° \text{ R.},$$

welche eine additive Correction von 10,15 × 0,005 = 0,05075 der genäherten Höhe von 2215 Wiener Klaftern nothwendig macht. 2215 × 0,05075 = 112,4. Diese 112,4 Klaftern müssen also zur genäherten Höhe von 2215 Klaftern zugezählt werden; so erhält man 2327,4 Wiener Klaftern als die wahre Höhe des Montblanc über den Beobachtungsort in Genf, welche sich von der sehr genauen Tralles'schen trigonometrischen Messung nur um wenig mehr als Eine Klafter unterscheidet. — Da nach 20jährigen Beobachtungen auf der Wiener Sternwarte das Mittel des Thermometerstandes in der freyen Luft 8°,56 R. ist, so findet man nach dieser Methode die Correction wegen der Wärme der Luft für die genäherte Höhe von 85 W. Klaftern des Wiener Observatoriums über die Meeresfläche 3,6 Klaftern, also die wahre Höhe 88,6 Klaftern. Da dieses Observatorium über die Donaufläche bey mittlerem Wasserstande (4 Fuss über Null am Mittelpfeiler der Franzensbrücke) 16,946 W. Klaftern erhaben ist: so hat die Donau von jenem Brückenpfeiler bis ins schwarze Meer einen Fall von 71,654 W. Klaftern.

Man hat in die Formel zur Berechnung der Höhen aus Barometerbeobachtungen noch andere Correctionen gebracht, z. B. die wegen Abnahme der Schwere bey der Zunahme der Entfernungen von dem Mittelpunkte der Erde, welches nicht nur bey dem Steigen auf Berge, Thürme, bey dem Erheben in Luftbällen, sondern auch bey dem Näherrücken von den

Polen gegen den Äquator (§. 44) Statt findet. Diese Correctionen betragen jedoch bey Bestimmung gewöhnlicher Höhen nicht viel. (Man sehe darüber: *Von der Messung der Höhen mittelst des Barometer. Von Hrn. De La Place.* In Gilb. Ann. der Phy. B. 26. S. 152. und in dem Traité de mecanique celeste von de La Place. Paris 1805). Mit Beobachtung aller dieser Vorsichten hat man es in Höhenbestimmungen mittelst des Barometers bis zu einer bewundernswürdigen Genauigkeit und Übereinstimmung mit den trigonometrischen Messungen gebracht. Einen Umstand war man jedoch bis jetzt noch nicht im Stande in die Formel aufzunehmen, und zwar die Veränderungen in dem spezifischen Gewichte der Luft bey verschiedenen Temperaturen nach dem verschiedenen Grade ihrer Feuchtigkeit. — Den Freunden der Barometermessungen verdient empfohlen zu werden: *Benzenberg's Beschreibung eines einfachen Reisebarometers. Nebst einer Anleitung zur leichteren Berechnung der Berghöhen.* Düsseldorf bey Schreiner 8. 158 Seiten.

Angabe einiger merkwürdigen Höhen über der Meeresfläche in Wiener Klaftern.

Berg Cimborasso in Amerika	3656	nach Humbold
— Antisana	3075	— — —
— Pik auf Teneriffa	2705	— La Caille
— Montblanc in Savoyen	2517	— Saussure
— Orteles in Tyrol	2397	— Fallon
— Grossglockner in Kärnthen . .	2052	— Schiegg
— Ätna in Sizilien	1654	
— Terglow in Krain	1652	
Schneeberg in Österreich	1079	— Bürg
	1112	— Fallon
	1130	— Schultes
Berg Ötscher — —	974	— Bürg
	1075	— E. H. Rainer
— Vesuv im Jahr 1752	665	
Stadt Quito	1547	Humbold
— Mexiko	1209	— —
Kuppel der Peterskirche in Rom über die Grundfläche	72	
— — der Paulskirche in London .	41	
Münsterthurm in Strassburg . . .	76	
Stephansthurm in Wien	72.	

Winde.

454. Wir dürfen uns nur den leichten, aus äusserst flüssigen und elastischen Substanzen bestehenden Ocean der Atmosphäre vorstellen, um eine todte Ruhe, oder eine vollkommene, dauernde *Windstille* darin nicht denkbar zu finden; indem das Gleichgewicht durch die geringfügigsten Ursachen gestöret, und nur durch Zu- und Abfliessen unter mancherley Schwankungen wieder hergestellt werden kann. Die dadurch hervorgebrachten, strömenden Bewegungen grosser Massen von Luft heissen wir *Winde*, kleinerer Mengen *Luftzüge*.

455. Die Winde erhalten verschiedene Nahmen: *a.* Nach ihrer Richtung von der Weltgegend, aus der sie kommen, und welche uns die *Windfahnen (Windzeiger, Anemoskope* oder *Plagoskope)* angeben: *Ostwind*, Solanus, *Westwind* Favonius, Zephyrus, *Südwind*, Notus, Auster, *Nordwind*, Boreas, Septemtrio, *Nordostwind*, Aquilo, *Nordwestwind*, Caurus, *Südwestwind*, Africus, *Südostwind*, Eurus. Dann zählet man nach demselben Eintheilungsgrunde noch 24 andere aus den Zwischengegenden kommende und davon benannte *Nebenwinde*, deren Nahmen man in jeder *Wind-* oder *Schifferrose* findet. — *b.* Nach ihrer Stärke, d. h. nach der Schnelligkeit ihrer Bewegung: *Lüftchen*, *Wind*, *Sturm*, *Orkan*. Die Instrumente zur Bestimmung der Geschwindigkeit und der davon abhängenden Stärke des Windes heissen *Anemometer*. Eines der besten ist das *Bouguer'sche* oder das vom Hrn. *Degen* gebrauchte. Mässige Winde legen in einer Sekunde einen Weg von 10 bis 15 Fuss zurück. Stürme durchlaufen in derselben Zeit 40 und mehr Fuss. *Kraft* will in Petersburg sogar einen Orkan von 124 Fuss Geschwindigkeit in einer Sekunde beobachtet haben. Wegen des grossen Unterschiedes in der Dichtigkeit muss sich der Wind wenigstens 24 Mahl geschwinder

als Wasser bewegen, um auf dieselbe widerstehende Fläche gleiche Kraft auszuüben. *c.* Nach ihrer Dauer und nach der Zeit ihrer Wiederkehr: in *regelmässige*, die entweder beständig wie die *Passatwinde*, oder periodisch wie die Moussons sind; und in *veränderliche* oder *unbeständige*, wie z. B. alle unsere Winde in Deutschland sind. Von den letzteren ist einer oder der andere in einer gewissen Gegend der herrschende, wie z. B. bey uns der Nordwestwind, den man dann den *Provinzialwind* heisst. Manchmahl bemerkt man Winde in den oberen Schichten der Atmosphäre, während einer Windstille an der Oberfläche der Erde, und so umgekehrt; zuweilen strömet der Wind in den oberen und in den unteren Schichten nach entgegengesetzter Richtung: so hat man schon 3 verschiedene Winde über einander bemerkt.

456. Der einzige regelmässige und beständige Wind ist der *Passatwind* d. h. ein mässiger Ostwind, welcher auf dem Weltmeere zwischen den beyden Wendekreisen das ganze Jahr hindurch Tag und Nacht wehet. Unter der Linie selbst ist er am schwächsten, in einiger Entfernung davon wird er stärker, verändert sich aber nördlich vom Äquator in Nordostwind, südlich in Südostwind. Zur Erklärung des Passatwindes dient Folgendes: Wenn wir bey ruhiger Luft schnell laufen oder fahren, so scheint uns ein Wind entgegen zu kommen: wir empfinden also Ostwind, wenn wir uns schnell gegen Osten bewegen. Weil sich nun die Erde täglich Einmahl von Westen gegen Osten um ihre Achse dreht, und daher die Oberfläche derselben sich mit ungeheurer Geschwindigkeit bewegen muss; so würden wir, wofern die Atmosphäre diese Bewegung nicht mitmachte, einen Ostwind von 1500 Fuss Geschwindigkeit in einer Sekunde empfinden, gegen den alle bisher bekannten Orkane an Stärke verschwänden. Bewegt sich hingegen die Atmosphäre in derselben Richtung, und mit einer

solchen Geschwindigkeit, dass sie die unter ihr liegenden Theile der Erdoberfläche immer begleitet, so könnte aus dieser Bewegung der Atmosphäre für die Erdbewohner gar kein Wind enstehen. Keines von beyden ist nun aber unter der Linie ganz der Fall, sondern die Atmospähre bewegt sich dort bloss mit geringerer Geschwindigkeit, als die correspondirende Erdoberfläche; denn zwischen den Wendekreisen wird die Luft am meisten erhitzt, steigt in die Höhe, fliesst dort oben gegen die Pole ab, und wird durch einen unteren Luftzug von den Polen gegen den Äquator ersetzt. An den Polen hat die Erdoberfläche und folglich auch die Atmosphäre eine viel geringere Umdrehungsgeschwindigkeit als am Äquator. Die von den Polen am Äquator zum Ersatze angekommene Luft braucht einige Zeit, bis sie die ihrem gegenwärtigen Orte angemessene Geschwindigkeit annimmt; bis diess geschieht müssen daher alle Gegenstände auf der Oberfläche der Erde diese Luft in der Richtung von Westen nach Osten durchschneiden, welches dieselbe Wirkung macht, als ob ein Ostwind wehete. Ehe die Luft die nothwendige Geschwindigkeit angenommen hat, ist sie schon wieder erwärmt in die Höhe gestiegen, und von neuangekommener Polarluft ersetzt, bey der nun immer wieder dasselbe Verhältniss eintritt. Der Passatwind herrscht nur auf dem Meere, weil auf dem festen Lande zu viele Ursachen seine regelmässige Bewegung stören. — Die *Moussons* sind Winde, welche in gewissen Gegenden vorzüglich in Küstenländern zwar regelmässig, aber nur zu gewissen Jahrszeiten herrschen. So weht in Brasilien während unserer Sommermonathe ein Südwestwind, während unserer Wintermonathe ein Nordostwind. Die Ursache dieser Winde muss in der ungleichen Erwärmung der Luft in den verschiedenen Jahrszeiten sowohl auf dem festen Lande als den benachbarten Meeren, und in einigen andern Localumständen gesucht werden. Aus derselben

Ursache haben Küstenländer bey Tage Seewind, bey der Nacht Landwind. Bey Tage wird nähmlich das feste Land und folglich auch die darüberstehende Luft mehr erhitzt als das Meer; die kühlere Seeluft strömt daher gegen das Land, um die wärmere, und daher leichtere Landluft in die Höhe zu treiben: bey der Nacht kühlt die Landluft stärker ab als die Seeluft; daher strömt jene vom Lande gegen die See.

457. In der Mitte grosser Continente sind die *unregelmässigen* oder *unbeständigen* Winde am häufigsten. Die Veranlassungen ihrer Entstehung sind sehr mannigfaltig, aber immer von der Art, dass eine Änderung der Elastizität und des Druckes der verschiedenen Schichten und Säulen, aus denen man sich die Luft bestehend vorstellen kann, hervorgebracht wird. Die häufigste Ursache der Winde ist eine ungleiche Veränderung der Temperatur in einer mit den benachbarten im Gleichgewichte stehenden Luftschichte. Daher entsteht bey grossen Feuersbrünsten immer Wind, wenn auch vorher die Luft ganz ruhig war. So werden Luftsäulen in dem Schatten dichter Wolken, wie auch durch herabfallenden Regen oder Hagel abgekühlt; Bildung und Zersetzung von Wolken sind auch von örtlichen Temperatursveränderungen begleitet. Manche Winde sind elektrischen Ursprungs; daher sind sie die gewöhnlichen Begleiter von Donnerwettern. Auch an der Oberfläche der Erde gibt es Winde erregende und modifizirende Ursachen: daher entstehen die verschiedenen Luftzüge an Bergen, Waldungen, Flüssen, Sümpfen. Die verschiedene Beschaffenheit des Bodens in Hinsicht seiner Erwärmungsfähigkeit und seines Verhaltens zum Wasser, vermöge dessen dieses geschwinder oder langsamer verdünstet, wird auch zur Veranlassung von Winden. Hierher sind auch zu rechnen: Ausbrüche von Vulkanen, Erdbeben, Schmelzen des Schnees auf hohen Gebirgen, Überschwemmungen und unterirdische Luftausbrüche. Durch

den Einfluss der Sonne und des Mondes wird eine, freylich meistens durch andere, stärkere Ursachen unmerklich gemachte, der Ebbe und Fluth ähnliche Bewegung im Luftmeere hervorgebracht.

458. Einige Winde zeichnen sich nebst den Wirkungen, die sie durch ihre Bewegung hervorbringen, auch noch durch allerley Nebeneigenschaften aus. So gibt es kalte Winde, bey uns meistens der Nord-oder Nordostwind; feuchte Winde, die sich während ihrer Reise über grosse Meere mit Wasserdunst überladen haben. Winde, welche warm und feucht zugleich sind, dabey nur wenig Elektrizität besitzen, wirken auf Menschen und Thiere erschlaffend. Seewinde führen manchmahl Salztheile mit; so wie der *Harmattan* aus den grossen Sandwüsten im Innern von Afrika feinen Sand mitbringt. Der *Chamsin* in Ägypten, der fürchterliche *Samiel* oder *Samum*, der schon ganze Heere aufgerieben hat, und vor dem man sich bloss durch Niederlegen auf die Erde und durch Verhüllen des Gesichts schützen kann, sind gleichfalls heisse Sandstürme. Wenn diese heissen afrikanischen Winde über dem mittelländischen Meere ihren Sand abgesetzt und sich dafür mit Wasserdampf angeschwängert haben, so kommen sie als erschlaffender *Sirocco* in die südlichen Gegenden von Europa.

459. Die Winde gehören unter die Hauptmittel, wodurch die Natur ihre grosse Haushaltung in Ordnung erhält. Sie helfen die Bestandtheile der Atmosphäre immer und allenthalben auf dem gehörigen Verhältnisse erhalten; durch sie werden schädliche, in dieselbe aufsteigende Stoffe geschwind so vertheilt, dass sie ihre Wirksamkeit verlieren. Wie bald wäre in volkreichen Städten die Luft verpestet, wenn sie nicht durch Winde stets erneuert würde? Winde bringen Wolken und Regen in wasserarme Gegenden. Sie mässigen die Temperatur in den Äquator- und Polargegenden; jene wären wahrscheinlich noch viel heisser und diese noch viel kälter, wenn

nicht die Luft zwischen beyden beständig zirkulirte. — In den kleinern Haushaltungen der Menschen wird der Wind als eine bewegende Kraft, z. B. für Schiffe und Mühlen gebraucht.

Physisch-chemische Eigenschaften der Atmosphäre.

460. Die bisher abgehandelten mechanischen Eigenschaften der Atmosphäre waren nach der Erfindung der Luftpumpe mit ziemlicher Genauigkeit bestimmt worden; aber über die chemische Natur derselben wusste man noch lange Zeit gar nichts; man liess also die atmosphärische Luft für eine ganz homogene Flüssigkeit, und zwar für die einzige permanent-elastische gelten, die man mit Aristoteles den Elementen beyzählte. Erst im vorigen Jahrhunderte, als *Black* aus den milden Alkalien das kohlensaure Gas entwickeln lehrte, und als man den Verbrennungsprozess einer genaueren Untersuchung unterwarf, wurde man zur Entdeckung mehrerer von einander sehr verschiedener permanent-elastischer Flüssigkeiten geleitet, und fand, dass auch die Atmosphäre aus mehreren Gasarten, aus Wasserdampf und aus andern sinnlich nicht wahrnehmbaren Stoffen zusammengesetzt sey.

461. Wenn man in einer Glocke eine Portion atmosphärischer Luft absperret, und einen brennbaren Körper z. B. Phosphor darin entzündet, so brennt er nur eine Weile, und verzehrt nur einen Theil der Luft; in dem zurückbleibenden Theile derselben brennt er schlechterdings nicht weiter, so oft man ihn auch neuerdings anzünden mag. Dasselbe bemerkt man, wenn man in abgesperrter atmosphärischer Luft Metalle oxydirt; wenn ein gewisser Theil der Luft verbraucht ist, höret die fernere Oxydation auf, und ist durch kein Mittel als durch Erneuerung der Luft wieder in Gang zu bringen.

Hat man edle Metalle, z. B. Quecksilber auf diese Weise oxydirt, so gewinnen sie so viel am Gewichte, als der absorbirte Theil der Luft beträgt, und wenn man sie dann in höheren Feuersgraden reduzirt, so erhält man dasselbe Gewicht der verbrauchten Luft wieder zurück, welche aber nun zur Unterhaltung des Verbrennens und der Oxydation bey weitem tauglicher als die gewöhnliche atmosphärische Luft ist, und bey diesen Prozessen ganz ohne Rückstand verzehrt wird. Thiere leben in abgesperrter atmosphärischer Luft nur eine kurze Zeit: wenn durch ihr Athmen ein gewisser Antheil der Luft aufgezehrt ist, sterben sie, indem der zurückbleibende Theil zu diesem Geschäfte nicht mehr taugt. — Aus diesen und noch andern leicht zu vervielfältigenden Versuchen erhellet, dass die atmosphärische Luft aus zwey Gasarten besteht, wovon die eine im Stande ist, das Verbrennen, das Oxydiren und das Athmen zu unterhalten; die andere aber zu allen diesen Geschäften nicht brauchbar ist. Jenen zur Unterhaltung des Lebens und der Flamme tauglichen Bestandtheil hat man *Lebensluft*, *Oxygengas*, *Sauerstoffgas*, diesen hingegen, weil Thiere darin ersticken, *Stickgas*, *Azotgas*, auch *Salpeterstoffgas* geheissen.

Eudiometrie.

462. Gleich nach der Entdeckung dieser zwey Gasarten in der Atmosphäre lag viel daran, ihr quantitatives Verhältniss auszumitteln, und eine von der andern getrennt, isolirt, darzustellen. Da wir aber bisher noch kein chemisches Reagens auf Stickgas kennen, indem dieses bloss durch negative Eigenschaften von den übrigen Gasarten sich unterscheidet, so muss man auf das Oxygengas wirken, und dieses durch Verbindung mit andern Körpern von dem Stickgas zu trennen suchen. Solche Körper, durch derer grosse Verwandtschaft zum Sauer-

stoffe man das Sauerstoffgas von den übrigen Bestandtheilen der Atmosphäre absondern kann, heisst man *eudiometrische Stoffe*; die Instrumente, derer man sich hierzu bedient, *Eudiometer* und die ganze Lehre davon die *Eudiometrie* oder *Luftgüte-Prüfungslehre*; weil man anfänglich irrig meinte, die Güte der atmosphärischen Luft zur Unterhaltung des Lebens und der Gesundheit hänge bloss von dem grössern oder geringern Verhältnisse der Lebensluft in derselben ab.

453. Wir besitzen mehre Eudiometer.—*Fontana* bediente sich in seinem Eudiometer nach *Priestley* des *Salpetergas*. Das *Fontana'sche Eudiometer*, welches nach *Gay-Lussac's* Verbesserungen, und bey Befolgung der von diesem (Gilb. Ann. d. Ph. B. 36. S. 37) angegebenen Vorsichten eines der genauesten und das bequemste ist, bestehet aus dem M a s s e und aus der genau cylindrischen E u d i o m e t e r-R ö h r e. Das Mass (Fig. 88) wird aus einer kurzen Glasröhre A verfertigt, deren offenes Ende mit einer Messingfassung b c d e versehen, und durch den luftdichtpassenden Schuber f zu öffnen und zu schliessen ist. Die Verlängerung der Fassung d e dient als Trichter, um das Einfüllen der Gasarten zu erleichtern. Der Inhalt der Eudiometer-Röhre B (Fig. 89) von 4 bis 5 Linien im Duschmesser, muss den Inhalt des Masses wenigstens drey Mahl übersteigen, und diese Röhre muss unten, ebenfalls zur Erleichterung des Einfüllens, mit einer trichterförmigen Fassung versehen seyn. Übrigens ist diese Eudiometer-Röhre in gleiche Theile so eingetheilt, dass 100 derselben genau dem Inhalte des Masses A gleich sind. Die Manipulation geschieht im pneumatischen Wasserapparate mit Beobachtung aller oben (§. 89 u. 90) für die Behandlung von Gasarten angegebenen Regeln. Man vermische in einem Trinkglase mit ebenem und breitem Boden Ein Mass Salpetergas mit Einem Masse der auf ihren Sauerstoffgehalt zu prüfenden atmosphärischen Luft. Es zeigen sich rothe Dämpfe, nach derer Ver-

schwinden man die rückständige Luft in die Eudiometer-Röhre steigen lässt. Sie sollte darin 200 Theile einnehmen, wenn von den 2 vermischten Massen nichts verschwunden wäre; war aber die in Untersuchung gesetzte Luft sauerstoffhältig, so wird eine mit der Menge der Lebensluft im geraden Verhältnisse stehende Verminderung Statt haben, und die Luft in der Röhre statt 200 Theile z. B. nur 116 Theile einnehmen; folglich sind 84 Theile verschwunden, weil sich 3 Theile Salpetergas dem Volumen nach mit Einem Theile Sauerstoffgas zu salpetriger Säure verbunden haben, und als solche von dem Wasser absorbirt worden sind. Daraus sieht man auch, dass nur der vierte Theil der Verminderung auf Rechnung des Sauerstoffgas zu setzen ist, indem mit jedem einzelnen Theile dieser Gasart zugleich immer 3 Theile Salpetergas verschwinden. Man muss also die ganze Verminderung mit 4 dividiren, um in dem Quotienten die Procente des Sauerstoffgas in der untersuchten Luft zu erhalten. In dem angeführten Beyspiele erhält man $\frac{84}{4} = 21$ Procent Sauerstoffgas.

Statt jedes Mass in der engen Eudiometer-Röhre am Glase selbst in 100 Theile zu theilen, hat man diese Eintheilung meistens auf einem, an der genannten Röhre verschiebbaren messingenen Massstabe a b (Fig. 90) angebracht. — Um durch dieses Eudiometer genaue Resultate zu erhalten, muss man eine zu lange Berührung des abgemessenen oder auch mit der zu untersuchenden Luft schon vermengten Salpetergas, noch mehr aber alles Schütteln mit dem Wasser vermeiden, sonst wird ein Theil des Salpetergas als solches vom Wasser verschluckt, und man erhält dann eine grössere Verminderung, folglich auch ein unrichtig zu grosses Verhältniss von Sauerstoffgas. Das Salpetergas muss zwar immer im Übermasse vorhanden seyn, und etwas davon nach Absorbtion der ganzen Lebensluft unverbunden zurückbleiben (weil im entgegengesetzten Falle, statt salpetriger Säure, aus zwey Theilen Salpetergas und Einem Theile Sauerstoffgas bestehende Salpetersäure gebildet und vom Wasser absorbirt, und daher der Sauerstoffgasgehalt durch die Division

der ganzen Verminderung mit 3 erhalten würde); allein um die Absorbtion des freyen Salpetergas vom Wasser nicht zu begünstigen, darf dieser Überschuss nicht zu gross seyn. Endlich wird auch empfohlen, die zu analysirende Luft zuerst in das weite Glas zu bringen, und ihr das Salpetergas zuzusetzen, und nicht in verkehrter Ordnung die zwey Gasarten zu einander zu bringen. — Auf solche Art findet man in 100 Theilen atmosphärischer Luft fast jederzeit und überall unverändert dem Volumen nach 21 Theile Lebensluft.

464. In dem *Volta'schen Eudiometer* ist das *Wasserstoffgas* die eudiometrische Substanz, und das Instrument eine $1\frac{1}{2}$ Zoll weite, genau cylindrische, oben und unten mit messingenen Fassungen versehene, starke Glasröhre (Verpuffungsröhre) A B (Fig. 91). Die obere Fassung a b, welche mittelst des Hahnes x geöffnet und geschlossen werden kann, erweitert sich nach oben in die kleine Schüssel c d e, in welcher eine zweyte, engere, der Fontana'schen ähnliche Massröhre f g so angesteckt werden kann, dass sie bey geöffnetem Hahne mit der Verpuffungsröhre communiziret. Durch diese Fassung geht zugleich ein isolirter Metalldrath y zur Durchleitung des elektrischen Funkens in die Verpuffungsröhre. Die untere, ebenfalls mit einem Hahne z versehene Fassung erweitert sich in den hohlen, trichterförmigen Fuss h k l. Beyde Fassungen sind durch Messingstreifen verbunden, an denen die Eintheilung des Inhalts der Röhre angemerkt seyn kann. — Beym Versuche selbst sind beyde Röhren sammt der kleinen Schüssel c d e und dem Fusse mit Wasser gefüllt (zur Herausschaffung der Luft aus dem Fusse, ohne das ganze Instrument unter Wasser umkehren zu müssen, dient der kleine Schuber n), die Massröhre an die Verpuffungsröhre gesteckt, der obere Hahn geschlossen. Das Instrument steht auf dem Brete des Wasserapparates. Nun lässt man in die Verpuffungsröhre Ein Mass der zu untersuchenden Luft und 2 Mass Wasserstoffgas steigen, aus einer Leidner-

flasche einen Funken durch den Drath y in das Gasgemenge schlagen, worauf mit einer Verpuffung die Grundlage des Sauerstoffgas und des Wasserstoffgas sich zu Wasser verbinden, und daher das Gasgemenge an Volumen abnimmt. Nach diesem öffnet man den oberen Hahn x, durch welchen die rückständige Luft in die enge Massröhre f g steigt, in welcher man die Verminderung genau bestimmen kann. Diese Verminderung theilt man mit 3, indem bey der Wasserbildung 1 Theil Sauerstoffgas dem Volumen nach, von 2 Theilen Wasserstoffgas verschluckt wird, so erfährt man den Gehalt der untersuchten Luft an Lebensgas.

Wenn das Sauerstoffgas mit dem Wasserstoffgas in einem gewissen quantitativen Verhältnisse stehet, gibt dieses Eudiometer (welches man eben so gut zur Prüfung eines Luftgemenges auf Wasserstoffgas brauchen kann) nicht nur sehr schnelle, sondern auch sehr richtige Resultate: allein sobald die Menge des Sauerstoffgas 10Mahl grösser ist als die des Wasserstoffgas, so erfolgt die Verbrennung nur sehr unvollkommen, und gar nicht mehr, wenn jene 16Mahl grösser ist. Auf dieselbe Art kann durch eine grosse Menge Wasserstoffgas oder auch Stickgas das Sauerstoffgas so ersäuft werden, dass die Entzündung unmöglich wird. In beyden Fällen kann man sich zwar helfen, wenn man eine bestimmte Menge der in einem zu geringen Verhältnisse vorhandenen Gasart zusetzet, und diese dann vom Endresultate wieder abzieht. Dieses Endresultat soll aber auch unter gewissen Umständen durch die Verbindung eines Theils des Stickstoffs mit Sauerstoffe zu Salpetersäure, welche durch die mit ins Spiel kommende Elektrizität begünstigt wird, unrichtig werden.

465. *Scheele* bediente sich als eudiometrischen Körpers der *Schwefelalkalien* (*Schwefellebern*). Sein Verfahren wurde von *De Marti* und *Berthollet* verbessert. Man misst in der Fontana'schen Eudiometer-Röhre eine bestimmte Menge der zu untersuchenden Luft ab, lässt sie hernach in eine mit kaltbereiteter, concentrirter Auflösung eines Schwefelalkali gefüllte Flasche streichen,

welche luftdicht verschlossen und 5 Minuten lang geschüttelt wird. Dann misst man die Luft wieder in der Eudiometer-Röhre ab; die Verminderung kommt auf Rechnung der Lebensluft. Zur grösseren Sicherheit wiederhohlt man das Schütteln mit Schwefelalkalilösung in kaltem Wasser noch einmahl, um zu sehen, ob keine weitere Verminderung mehr erfolgt.

Dieses Eudiometer ist sehr einfach und wohlfeil, das Verfahren ganz kunstlos, und gibt doch ziemlich übereinstimmende Resultate. Nach *Kirwan* soll bey der Einwirkung von Schwefelalkalien auf atmosphärische Luft durch Ammoniakerzeugung etwas Stickgas absorbirt, und daher mittelst dieses Eudiometers immer durch scheinbare Vergrösserung des Sauerstoffgasgehaltes fehlerhafte Resultate erhalten werden. Daraus lässt sich erklären, warum Scheele 27 Procent Sauerstoffgas in der Atmosphäre fand.

466. *Berthollet's Phosphor-Eudiometer* besteht aus einer Fontana'schen Eudiometer-Röhre, in die man eine bestimmte Menge der zu untersuchenden Luft füllt. Dann steckt man ein an einem Glasstäbchen befestigtes Phosphorstängelchen durch die ganze Luftsäule hindurch, und lässt die mit dem unteren Ende in Wasser getauchte Röhre so lange stehen, bis sich keine weissen Dämpfe mehr bilden. Darauf nimmt man den Phosphor heraus, bemerkt die Absorbtion der Luft, vermehrt sie um den 40. Theil des Rückstandes, so weiss man das Verhältniss des Sauerstoffgas in der untersuchten Luft. Der Phosphor hat sich hiebey in Dämpfe aufgelöset, dann mit dem Sauerstoffe zu phosphoriger Säure verbunden, und ist als solche vom Wasser absorbirt worden. Weil aber das Stickgas mit etwas Phosphordampf verbunden zurückbleibt, und dadurch sein Volumen um $\frac{1}{40}$ vergrössert; so wird die Verminderung durch Absorbtion des Sauerstoffes dadurch um eben soviel zu gering angezeigt, und muss durch Hinzuzählen dieses 40. Theils des zurückbleibenden, mit Phosphordämpfen gemengten Stickgas berichtigt werden.

467. *Davy* bediente sich als eudiometrischer Substanz einer mit Salpetergas geschwängerten Lösung von schwefelsaurem oder salzsaurem Eisen. Auch andere Metallsalzlösungen, die eine grosse Neigung zur höheren Oxydation haben, wie auch leichtflüssige und leichtoxydirbare Metalle wurden als eudiometrische Körper vorgeschlagen, stehen aber den bereits angegebenen bey weiten nach.

468. Weil nach allen beschriebenen, eudiometrischen Verfahrungsarten das Verhältniss des Sauerstoffes dem Volumen nach gefunden wird; das Volumen der Luft aber, bey stets gleicher Menge derselben, durch Änderung ihrer Dichtigkeit verändert wird: so muss man ein vorzügliches Augenmerk darauf wenden, dass man zu Ende jedes einzelnen Versuches Luft von derselben Dichtigkeit messe, als man im Anfange zur Untersuchung genommen hatte, und dass, wenn man mehrere vergleichende Versuche macht, diese mit Luft von gleicher Dichtigkeit geschehen. Die Dichtigkeit der Luft hängt aber vorzüglich von dem Drucke der Atmosphäre und von der Temperatur ab. Wenn während eines Versuches der Druck der Atmosphäre, also der Barometerstand, sich ändert, so wird die rückständige Luft nicht dasselbe Volumen einnehmen, welches sie eingenommen hätte, wenn keine Veränderung im Barometerstande vorgefallen wäre: ist das Quecksilber im Barometer gestiegen, so wird das Volumen kleiner, ist es gefallen, so wird das Volumen grösser seyn. Man bringt bey verändertem Barometerstande das Volumen der rückständigen Luft auf jenes zurück, welches sie bey dem zu Anfange des Versuches Statt habenden Barometerstande einnehmen würde, wenn man jenes mit dem gleichzeitigen Barometerstande multipliziret, und das Product durch den Barometerstand beym Anfange des Versuches dividirt. Z. B. Es bleiben bey einem Barometerstande von 330 Linien 100 Kubikzoll Luft zurück; beym Anfange

des Versuches stand aber das Barometer 336 Linien hoch; welchen Raum würden also jene 100 Kubikzoll Luft bey 336 Linien Barometerhöhe einnehmen? $\frac{100 \times 330}{336} = 98{,}2$ Kubikzoll. — Die in Röhren mit Wasser abgesperrten Gasarten halten nur dann den ganzen Druck der Atmosphäre aus, wenn das Wasser in der Röhre eben so hoch stehet, als das äussere, absperrende Wasser. Steht das Wasser in der Röhre höher, so erleidet die abgesperrte Luft einen geringern Druck, ist also dünner; steht das Wasser in der Röhre niedriger als das äussere, so wird jene Luft mehr zusammengepresst, also verdichtet. Wenn es möglich ist, muss man also die Massröhren immer so weit eintauchen, dass das Wasser in und ausser der Röhre gleich hoch stehet. Zu diesem Zwecke hat die Fontana'sche Eudiometer-Röhre gewöhnlich eine eigene Wasserwanne in Gestalt eines hohen messingenen Cylindergefässes, welches zugleich die Stelle des Futterals vertritt m m n n (Fig. 90). Wo dieses Einsenken nicht angeht, berechnet man das wahre Volumen, wenn man von der Höhe des Wassers beym ganzen Drucke der Atmosphäre (381 Zoll) die Erhebung des Wassers in der Röhre über den äusseren Wasserspiegel (z. B. 5 Zoll) abziehet, mit der Differenz (376) das in der Röhre enthaltene Luftvolumen (z. B. 200 K. Zoll) multiplizirt und das Product mit der ersten Zahl (381) dividirt. In dem hier gegebenen Beyspiele erhält man statt 200 Kubikzoll Luft nur 197. — Fallen während eines eudiometrischen Versuches Änderungen in der Temperatur vor, so wird durch eine Erhöhung derselben das Luftvolumen vermehrt, durch ein Sinken derselben vermindert, und dadurch eine Correction nothwendig werden, die jener des Barometerstandes wegen der Temperatur des Quecksilbers (§. 445) ähnlich ist. Da sich die Luft für jeden Reaumurschen Grad Temperaturszunahme um 0,0047 ihres Volumens ausdehnet; so muss man die Zahl Grade

des Temperaturenunterschieds mit 0,0047 multipliziren, mit diesem Producte neuerdings das ganze Volumen der zurückgebliebenen Luft vervielfältigen, und dann dem erhaltenen Luftvolumen entweder zurechnen, wenn zuletzt die Temperatur geringer als im Anfange war, oder davon abziehen, wenn sie zuletzt höher war. Weil jedoch wegen der bey ungleichen Temperaturen verschiedenen Menge von Wasserdämpfen, welche mit Wasser in Berührung stehende Gasarten aufnehmen, noch eine eigene Correction nothwendig würde: so ist es besser während der Versuche einerley Temperatur zu unterhalten.

Um das Erwärmen der in Untersuchung befindlichen Luft durch die Hand zu vermeiden, muss man das Instrument immer dort anfassen, wo die Wärme der Luft nicht so leicht mitgetheilt werden kann. Beym Fontana'schen Eudiometer dienen die 3 Spitzen m n (Fig 90) des Massstabes, um darauf die Röhre in der eigenen Wanne, ohne Berührung mit der Hand, auf der rechten Höhe, senkrecht stehen zu machen. — Ein über Eudiometrie klassisches Werk bleibt noch immer: *Geschichte der Luftgüte-Prüfungslehre für Aerzte und Naturfreunde.* Kritisch bearbeitet von *Johann Andreas Scherer*, der Arzneykunde Doktor, mehr. gelehrt. Gesellsch. Mitgliede. 2 B. 8vo. 442 S. mit einer Kupfertafel. Wien bey Wappler 1785.

469. Nach den genauesten eudiometrischen Versuchen hat man bisher überall den Sauerstoffgehalt der atmosphärischen Luft von 21 bis 22 Procent dem Volumen nach nicht bedeutend abweichen gefunden, selbst in solcher Luft, deren schädlicher Einfluss auf die thierische Ökonomie entschieden war,* z. B. in Luft aus den obersten Regionen überfüllter Theater, aus Spitälern, Gefängnissen u. dgl. — Indem das specifische Gewicht des Sauerstoffgas zu jenem des Stickgas sich wie 1,127 zu 0,996 verhält, so fällt das Verhältniss der zwey Gasarten in der atmospährischen Luft, dem Gewichte nach, etwas anders aus, indem auf 100 Gewichtstheile atmosphärischer Luft mehr als $23\frac{1}{2}$ Gewichtstheile Sauer-

stoffgas kommen. 100 Kubikzoll atmosphärischer Luft enthalten also 21 Kubikzoll Sauerstoffgas; in 100 Gran jener Luft aber sind 23,667 Gran Sauerstoffgas enthalten.

De Marti hat in Spanien, *Berthollet* in Ägypten und Frankreich, *Davy* in England sowohl einheimische als von der Küste von Guinea eingeschickte, *Gay Lussac* aus einer mittelst des Luftballs erreichten Höhe von 3637 W. Klaftern mitgebrachte Luft eudiometrisch untersucht, und in jeder das oben angegebene Verhältniss der Bestandtheile gefunden. — Vielleicht war ursprünglich das Verhältniss von Sauerstoffgas in der Atmosphäre viel beträchtlicher; allein es wurde davon zu viel verbraucht, indem alle Erden und Alkalien, das Wasser, alle vegetabilischen und animalischen Substanzen eine grosse Menge Sauerstoff als Bestandtheil enthalten, und daher bey ihrer Entstehung (oder ersten Präcipitation) eine ungeheure Menge desselben binden mussten. — Da ein Mensch in einer Luft, die bloss irrespirable aber keine giftigen Beymischungen enhält, so lange leben kann, als ein Licht darin gut brennt: so ist es ein Mittel sich von dem hinlänglichen Sauerstoffgehalte der Luft an gewissen, verdächtigen Örtern, z. B. in Höhlen, in Kellern oder Gewölbern, in Stollen, die lange verschlossen waren, u. dgl. zu überzeugen, wenn man an einer Stange ein Licht vor sich herträgt: sobald dieses zu verlöschen droht, ist es hohe Zeit umzukehren.

Kohlensaures Gas als Bestandtheil der Atmosphäre.

470. Die atmosphärische Luft lässt, nach gänzlicher Entziehung des Sauerstoffgas, nicht reines Stikgas zurück, sondern dieses enthält noch etwas *kohlensaures Gas (fixe Luft, Luftsäure)*. Von der Gegenwart der gasförmigen Kohlensäure in der Atmosphäre kann man sich sehr leicht überzeugen. Wenn man reine Alkalien eine Zeit lang der Luft aussetzet, so erhalten sie dadurch die Eigenschaft, mit andern Säuren, welche die Kohlensäure wieder als Gas ausscheiden, zu brausen. Kalk- und Barytwasser werden an der freyen Luft trübe, bedecken

sich mit einem Häutchen, welches immer dicker, und endlich so schwer wird, dass es zu Boden fällt; es entstehet ein neues Häutchen, bis endlich der ganze aufgelöste Kalk oder Baryt sich mit Kohlensäure verbunden, und als ein unauflösliches Präcipitat ausgeschieden hat. Eben so verbinden sich einige Metalloxyde an der Luft mit Kohlensäure; so bestehet z. B. der Eisenrost grössten Theils aus kohlensaurem Eisen. Man müsste sich wundern, wenn man in der Atmosphäre keine Kohlensäure fände, da beym Verbrennen, Athmen und bey andern chemischen Kunst- und Naturprozessen so viel Kohlensäure in die Atmosphäre strömet.

471. *Humbold* hat ein Instrument unter dem Nahmen *Anthrakometer* angegeben, mittelst dessen man den Gehalt von Kohlensäure sowohl in den atmosphärischen, als auch in andern Luftgemengen genau anzugeben im Stande seyn soll. Es bestehet (Fig. 92) aus der gebogenen Röhre a b c mit der Kugel c d, dann aus der geraden, oben bey der Fassung g mit einer Schraube zu verschliessenden, in hundert gleiche Theile eingetheilten Röhre g h, welche an die gebogene Röhre bey a luftdicht angeschraubt werden kann. Man fülle die gebogene Röhre sammt der Kugel voll mit Kalk oder Barytwasser, und die Massröhre g h mit der zu untersuchenden Luft, schraube sie unter Wasser an einander, bringe dann durch zweckmässige Bewegungen die Luft in die Kugel, und lasse sie einige Tage ruhig stehen. Dann bringe man bey fortwährend geschlossenem Instrumente die Luft wieder aus der Kugel in die Röhre, schraube sie unter Wasser ab, setze sie auf den Druck der Atmosphäre, und beobachte, ob sie eine Volumensverminderung erlitten hat. Diese Verminderung kommt auf Rechnung der kohlensauren Luft, welche sich bey der grossen Berührungsfläche in der Kugel mit der alkalischen Auflösung, mit dem Kalke oder Baryt zu kohlensaurem Kalk oder Baryt verbunden hat.

Nach Humbold, welcher Luft beynahe aus allen Höhen der Atmosphäre, zu denen man bisher gelangt ist, untersucht hat, enthält sie fast allenthalben zwischen einem halben und einem ganzen Procent Kohlensäure, Das Mittel davon wäre $\frac{3}{4}$ Procent, welches etwas über 1 Procent dem Gewichte nach macht.

Da durch das Verbrennen der meisten Vegetabilien, da durch das Athmen der Thiere, und andere auf der Oberfläche und im Innern der Erde vorgehende Operationen so viel Kohlensäure in die Atmosphäre kommt; so müsste bey weiten mehr als 1 Procent darin gefunden, ja durch dieselbe das Sauerstoffgas bald ganz verdrängt, und hiemit der Tauglichkeit der Atmosphäre zum Athemhohlen, welches schon in einer Luft mit $\frac{1}{10}$ kohlensaurem Gas sehr beschwerlich wird, das Ziel gesetzt werden, wenn nicht die Kohlensäure zu verschiedenen Zwecken wieder eben so häufig verbraucht, und der Atmosphäre entzogen würde, als sie durch die eben genannten Prozesse darin erzeugt wird. So wird z. B. durch den Vegetationsprozess die Kohlensäure zersetzt und dafür Sauerstoff ausgeschieden. Durch diese und noch andere eben so weise Einrichtungen werden die Hauptbestandtheile der Atmosphäre immer auf demselben quantitativen Verhältnisse und dadurch für die verschiedenen Functionen der Erdbewohner, wovon wechselseitig immer eine Klasse das erzeugt, was die andere braucht, gleich tauglich erhalten.

472. Die in der Atmosphäre enthaltenen, permanent-elastischen Flüssigkeiten oder eigentlichen Gasarten sind also Stickgas, Sauerstoffgas und kohlensaures Gas, und zwar in folgendem Verhältnisse:

a. Dem Volumen nach:		b. dem Gewichte nach
Stickgas	0,780	. . 0,750
Sauerstoffgas . .	0,210	. . 0,235
Kohlensaures Gas .	0,010	. . 0,015
	1,000	1,000

473. Man sollte in der Atmosphäre wohl auch reines und gekohltes Wasserstoffgas vermuthen, weil diese zwey Gasarten sich unter gewissen Umständen z. B. das letz-

tere sehr häufig aus stehenden Wässern bey warmen Wetter, entwickeln: allein entweder werden diese zwey Gasarten, sogleich wie sie in die Atmosphäre kommen, wieder zersetzt und verbraucht, oder unsere Instrumente sind nicht genau genug, kleine Quantitäten dieser Gasarten anzugeben; kurz man hat von denselben bisher in der Atmosphäre noch keine Spur entdecken können, ausgenommen an den Orten ihrer Erzeugung z. B. in der Nähe der Mündungen von Vulkanen.

Wasser als Bestandtheil der Atmosphäre.

474. Dass die Atmosphäre Feuchtigkeit enthalten muss, lässt sich schon daraus schliessen, weil wir eine so grosse Menge Wasser in derselben verdünsten oder als unsichtbaren Dampf verschwinden sehen. Dass das Wasser beym Verdünsten nicht in seine Bestandtheile zersetzt wird, sondern als Wasser in der Atmosphäre enthalten ist, beweisen mehrere Salze, z. B. die salzsauren und salpetersauren Kalk- und Bittererdesalze u. m. v. a., die an der Luft durch Anziehen von Feuchtigkeit zerfliessen; die Schwefelsäure, welche, wenn sie in offenen Gefässen der Luft ausgesetzet wird, Wasser anzieht, dadurch verdünnt wird, an absolutem Gewichte zu-, an specifischem abnimmt. Eben so wird die in der Luft enthaltene Feuchtigkeit öfters freywillig als Regen, Schnee, Hagel, Thau u. dgl. präcipitirt. Nebel und Wolken werden dadurch gebildet, dass das in der Atmosphäre vorhandene Wasser die unsichtbare Form mit der sichtbaren Bläschenform vertauscht. Auch in der scheinbar trockensten Luft bey anhaltend heiterer, heisser Witterung im Sommer, beschlägt ein kalter Metall- oder Glascylinder, in dem sich aus der Luft Wasser an ihn absetzt: eben so zeigt sich nach dem heissesten, trockensten Sommertage des Nachts öfters der häufigste Thau. Diese und noch eine Menge andere Erscheinungen setzen ausser Zweifel,

dass in der Atmosphäre immer Feuchtigkeit sowohl in unsichtbarer als in sichtbarer Form vorhanden ist.

Hygrometrie.

475. Wie es eudiometrische Substanzen gibt, eben so haben wir auch *hygrometrische* oder *hygroskopische Körper* d. h. solche, welche eine ausgezeichnete Verwandtschaft zur Feuchtigkeit haben, sich also unter gewissen Umständen auch mit der Feuchtigkeit der Atmosphäre verbinden, und durch Veränderung ihres Gewichtes, ihres Volumens oder ihrer Gestalt diese Feuchtigkeit anzeigen. Die oben genannten zerfliessenden Salze, die Schwefelsäure u. dgl. m. sind hygroskopische Substanzen, welche durch Zunahme des Gewichtes die Menge der aus der Luft angezogenen Feuchtigkeit angeben. Stricke, Darmsaiten u. a. m. verkürzen sich beym Feuchtwerden, indem sie zugleich dicker werden. Holz quillt nicht nach der Länge der Fibern, sondern nach der Breite auf. Menschenhaare, Fischbein, Elfenbein, Pergament, Federkiele u. dgl. m. werden durch das Anziehen von Feuchtigkeit länger. So gehöret auch das *Weltauge*, der *Wasserstein*, die *Carlina acaulis*, die Grannen von *Rauhhaber* (Avena fatua), die schneckenförmig gewundenen Grannen der Samenhäute einiger *Reyherschnabelarten* vorzüglich des *Erodium gruinum* und *ciconium*, die vegetabilische Fiber überhaupt z. B. Holz, Papier u. dgl. m. unter die hygroskopischen Substanzen. — Wenn hygroskopische Substanzen mit einer solchen Vorrichtung verbunden werden, dass man die Veränderung in ihrem Gewichte, oder Volumen oder in ihrer Figur messen oder wenigstens deutlich erkennen kann, so hat man ein *Hygrometer* oder ein *Hygroskop*.

476. Die zweckmässigsten und gebräuchlichsten Einrichtungen der Hygrometer sind von *Saussure* und *De Luc*. Saussure brauchte als hygroskopische Substanz ein

blondes Haar von einem lebenden Menschen, welches er, um es von der anklebenden Fettigkeit zu befreyen, einige Minuten lang in einer schwachen Sodalauge kochen, dann in reinem Wasser gut auswaschen liess. Dieses Haar a b (Fig. 93) spannt er in den Rahmen A B C D so ein, dass es oben bey a fest hängt, bey b aber um die halbe Rolle b c geschlagen, und am unteren Theile derselben bey c befestigt ist, und daher die Rolle, wenn es angespannt wird, in der Richtung von c x b zu drehen trachtet. In dem zweyten Einschnitte derselben Rolle hängt auf der andern Seite ein mit einem Seidenfaden ganz oben bey b befestigtes, drey bis vier Gran schweres Gewicht herab, welches die Rolle in entgegengesetzter Richtung zu bewegen strebt und dadurch das Haar immer gespannt erhält. Die Drehungen der Rolle werden durch den mit ihr verbundenen Zeiger d f auf dem Zifferblatte (Skale) g h vergrössert angegeben. Wird das Haar durch Feuchtigkeit länger, so sinkt das Gewichtchen herab, und der Zeiger wird von o der Skale gegen das mit 100 bezeichnete Ende derselben gedreht; verkürzt sich das Haar wieder beym Verluste der Feuchtigkeit, so drehet es die Rolle in entgegengesetzter Richtung, und der Zeiger sinkt gegen o herab. — Um seine Instrumente übereinstimmend zu machen, bestimmte Saussure den Grad der höchsten Feuchtigkeit und der grössten Trockenheit der Luft als fixe Punkte auf folgende Art. Zuerst brachte er das Instrument in Luft, die unter einer Glocke mit Quecksilber abgesperrt und mit einer verpufften, dann glühend geschmolzenen Masse aus Salpeter und Weinstein möglichst getrocknet war: auf diese Weise erhielt er den Punkt der grössten Trokkenheit, den er mit o bezeichnete. Der mit 100 bezeichnete Punkt der grössten Feuchtigkeit wurde gefunden, indem Luft in einer gläsernen Glocke, deren Wände mit Wasser befeuchtet waren, über Wasser abgesperrt, und das Instrument darin durch einige Stunden aufge-

hängt wurde, bis sich das Haar gar nicht mehr weiter verlängerte. Es gibt Haare, welche nie aufhören sich zu verlängern, diese taugen nicht zu hygrometrischen Substanzen. — In dem *De Luc'schen Hygrometer* ist ein feines Streifchen nach der Breite der Fasern gearbeitetes Fischbein die hygrometrische Substanz, der Grad der grössten Feuchtigkeit durch Eintauchen in Wasser selbst, und der Punkt der grössten Trockenheit in einer mit lebendigem Kalke möglichst getrockneten Luft bestimmt. — *Leslie's* hygrometrisches Verfahren gründet sich auf die Erfahrung, dass beym Verdünsten Kälte erzeugt wird, und auf die Annahme, dass die durchs Verdünsten in einer gewissen Luft erzeugte Kälte genau die Trockenheit derselben und den Grad, um welchen sie vom Sättigungspunkte mit Wasser abstehet, anzeige.

Die mancherley als Witterungsverkündiger in den gewöhnlichen Haushaltungen gebrauchten, mit allerley Spielereyen verbundenen Hygrometer, z. B. die Regenschirmträger, Kapuziner mit auf- oder abgesetzter Kapuze u. dgl. beruhen alle auf den oben angegebenen Grundsätzen, die in ihnen gebrauchte hygrometrische Substanz mag auch noch so verschieden, und durch den Mechanismus noch so sehr versteckt seyn.

477. Die Hygrometer sind sehr unzuverlässige Instrumente, wenn man von ihnen die Angabe der absoluten oder relativen Menge des in der Atmosphäre vorhandenen Wassers erwartet; indem sie von den unsichtbaren Wasserdämpfen zuweilen eben so wenig als von dem in Krystallen und Hydraten z. B. in Gyps, gebundenen Wasser afficirt werden, und daher bloss die Menge des Wassers, welches auf dem Übergange aus dem dampfförmigen in den tropfbaren Zustand begriffen ist, oder die Neigung zu diesem Übergange, oder auch die Kraft anzeigen, mit welcher die Dämpfe ihr [illegible]stischen Zustand gegen seine Gegner, die Verw[illegible]schaften der hygroskopischen Substanzen, vertheidigen; denn alle hygroskopische Substanzen wirken nur dadurch,

dass sie durch ihre grössere Verwandtschaft zum Wärmestoffe oder zum Wasser der Dämpfe diese zersetzen. Um den absoluten Gehalt der Luft an Wasser bey einem gewissen Hygrometer- und Thermometerstande auszumitteln, stellte *Saussure* sein Haar-Hygrometer in eine Glocke, welche mit Luft vom möglichsten Grade der Trockenheit gefüllt war, und worin also sein Instrument auf Null stand; nun brachte er feuchte, gewogene Leinwandläppchen hinein, und wenn das Hygrometer auf einen gewissen Grad z. B. auf 100 gestiegen war, nahm er sie heraus, wog sie wieder: ihren Gewichtsverlust hatte die Luft an Wasser aufgenommen. Durch solche Versuche fand Saussure, dass bey 100° Hygrometer- und bey 15° Thermometerstand Ein Pariser Kubik-Fuss Luft 11 Pariser Grän Wasser aufgenommen hatte. *Clement* und *Desormes* fanden durch die Gewichtszunahme des salzsauren Kalkes, womit sie durch Wasser geleitete Gasarten trockneten, in einem Pariser Fuss Gas von was immer für einer Art, bey + 10° R. 6,08 Pariser Grän Wasser. Nach Daltons zweckmässigerm (später zu erwähnendem) Verfahren, hält der Druck, den die in der Luft befindlichen Wasserdämpfe ausüben, bald einer Quecksilbersäule von $\frac{1}{10}$ Zoll, bald auch einer solchen Säule von $\frac{6}{10}$ Zoll das Gleichgewicht; so dass das absolute Gewicht dieser Wasserdämpfe den 300sten bis 60sten (als Mittel den 100sten) Theil des absoluten Gewichtes der ganzen Atmosphäre oder beynahe eben soviel als jenes der in der Atmosphäre, vorhandenen Kohlensäure ausmachet. Das mittlere, absolute Gewicht des gesammten in der Atmosphäre auf ein Mahl gegenwärtigen Wasserdampfes beträgt also: 964„ 814600. 913450 Wiener Zentner. Aus dem eben Gesagten erhellet auch, dass das quantitative Verhältniss des Wassers in der Atmosphäre keineswegs so bestimmt und so beständig ist, wie das Verhältniss der drey andern vorher aufgezählten, permanent-elastischen Bestandtheile; doch hat

man die Atmosphäre noch nie ganz frey von Wasser gefunden; ja es ist so schwer, sie selbst durch künstliche Mittel ganz davon zu befreyen, dass sie, wenn man sie auch der Einwirkung der trocknendsten, mit der grössten Verwandtschaft zur Feuchtigkeit begabten Salze ausgesetzt hatte, doch noch immer einen Antheil Wasser behielt, und dass man desswegen einen gewissen Wassergehalt zum Bestehen des elastischen Zustandes der Atmosphäre für nothwendig hielt. *Henry* lehrte zwar später durch Einwirkung der Elektrizität Gasarten von ihrem Wasser ganz befreyen, und bewies dadurch die Möglichkeit der elastischflüssigen Form ohne Beymischung von Wasserdämpfen: jedoch bleibt immer ein gewisser Wassergehalt zur Tauglichkeit der atmosphärischen Luft für ihre irdischen Bestimmungen unentbehrlich, indem sehr trockene Luft äusserst unangenehme und schädliche Wirkungen auf alle lebende Wesen äussert. Nimmt man die Wasserdämpfe mit in Rechnung, so erhält man in gewöhnlicher, mässig trockener, atmosphärischer Luft, beyläufig folgendes Verhältniss der Bestandtheile dem Gewichte nach:

Stickgas	0,740
Sauerstoffgas	0,235
Kohlensäure	0,015
Wasser	0,010
	1,000

Wenn man sich mit *Dalton* vorstellet, jeder der 4 genannten Bestandtheile drücke als eine abgesonderte Atmosphäre auf das Barometer: so wird in der genannten Luft bey einem Barometerstande von 28,895 W. Zoll das Quecksilber gehoben werden:

von der Stickgasatmosphäre . . .	21,382 Zoll
— — Sauerstoffgasatmosphäre . .	6,790 —
— — Atmosphäre der Kohlensäure	0,434 —
— — — — des Wasserdampfes	0,289 —
	28,895 —

Miasmen.

478. Nebst diesen darstellbaren Bestandtheilen der Atmosphäre, und nebst dem ätherischen Licht-, Wärme-, Elektrizitäts- und Magnetstoffe, finden sich darin auch noch andere, bisher fasst eben so wenig als jene ätherischen darstellbaren Stoffe, auf deren Daseyn wir bloss aus ihren Wirkungen schliessen. Es ist bekannt, dass man die Ursache epidemischer Krankheiten oder Seuchen meistens in der Luft suchet, und dass man vormahls ein Übermass von Sauerstoffgas in derselben vermuthete, wenn diese Krankheiten entzündlicher Natur waren, eine Beymischung von gekohltem Wasserstoffgas bey epidemischen Wechselfiebern, und dass man den nervösen oder fauligen Charakter solcher Krankheiten einer Anhäufung ammoniakalischer Ausflüsse in der Atmosphäre zuschrieb. Genaue, eudiometrische Versuche an Orten, wo diese Krankheiten eben am stärksten grassirten, haben aber jene Vermuthungen nicht bestätigt, indem man ausser den gewöhnlichen Bestandtheilen der Atmosphäre nicht nur keinen von den darin vorausgesetzten, fremdartigen Stoffen, sondern nicht einmahl das gewöhnliche quantitative Verhältniss jener Bestandtheile gestört fand. Nach einigen Versuchen von *Moskati* scheinen die in der Luft verbreiteten Miasmen Ausflüsse thierischer Natur zu seyn. Sonst wissen wir aber von ihnen nichts, als einige Umstände, unter denen sie entstehen, z. B. durch das Zusammenseyn vieler Menschen in engen Räumen bey verhindertem Luftwechsel, wie in Schiffen, Lazarethen, überfüllten Kerkern, u. dgl. m.; dann wo immer viele organische Substanzen bey hinlänglicher Feuchtigkeit verwesen, wie bey Sümpfen und stehenden Wässern (daher in Reissfeldern), in Grüften u. dgl. Obschon wir weder die chemische Natur dieser Miasmen, noch, den lebenden thierischen Körper ausgenommen, irgend ein Reagens zu ihrer Ent-

deckung kennen, und daher die Erfindung eines *Kakometer's* oder Luftschädlichkeitsmessers, von dem sich wichtigere Dienste als vom Eudiometer erwarten lassen, bisher noch unter die ganz unerfüllten Wünsche gehöret: so hat uns doch die Erfahrung Mittel gelehrt, die Miasmen so zu zerstören, dass sie ihre schädlichen Einwirkungen auf den thierischen Körper, und hiermit auch jedes Merkmahl ihres Daseyns verlieren. Unter diesen Mitteln sind Räucherungen mit mineralischen Säuren und unter diesen wieder vorzüglich mit Chlorine die wirksamsten.

Die *tragbaren*, *desinfizirenden Schutzfläschchen* von *Guyton Morveau* (flacons desinfectans) haben zwey Kubik-Zoll Inhalt (Unzenfläschchen), und sind gefüllt mit 84 Gran durchgesiebten Braunstein, $\frac{1}{3}$ Kubik-Zoll reiner Salpetersäure von 1,400 specifischem Gewichte, und $\frac{1}{3}$ Kubik-Zoll reiner Salzsäure von 1,134 specifischem Gewichte. Der *grössere Sicherungsapparat* (cassolette de salubrité) bestehet aus einem becherförmigen Glase von 35 Kubik-Zoll Inhalt, welches sich durch An- oder Abschrauben einer angeschliffenen Glasplatte genau schliessen oder öffnen lässt, und gefüllt ist: mit $2\frac{1}{2}$ Loth nicht zu fein gepulvertem Braunstein, 5 Kubik-Zoll Salpetersäure, und eben so viel Salzsäure von dem oben angegebenen specifischen Gewichte. Man kann diese Räucherungen in jeder Schale von Töpferzeug oder in jedem Glase machen, wenn man ein Gemenge von 4 Theilen Kochsalz und Einem Theile Braunstein mit 2 oder 3 Theilen concentrirter, aber vorher mit gleichen Theilen Wasser verdünnter Schwefelsäure übergiesst. (S. Gilb. An. d. Ph. B. 43. S. 1—49).

In welcher Verbindung stehen die Bestandtheile der Atmosphäre?

479. In Beantwortung dieser Frage zerfallen die Naturforscher in 3 Parteyen. Die eine behauptet, Sauerstoff-, Stickgas und Wasserdämpfe (auf das kohlensaure Gas wird fast nie Rücksicht genommen) stehen mit ein-

ander in einer chemischen Verbindung; die zweyte erkläret das Sauerstoffgas mit dem Stickgas für chemisch verbunden, hält aber die Wasserdämpfe dieser Verbindung nur für mechanisch beygemengt; die letzte Partey endlich widerlegt alle Beweise der vorigen für eine chemische Verbindung, und hält die Atmosphäre für ein bloss mechanisches Gemenge aller ihrer Bestandtheile.

480. *Scheele* war der Erste, welcher das Sauerstoffgas mit dem Stickgas der Atmosphäre für chemisch verbunden hielt. Seine Meinung wurde von vielen berühmten Naturforschern angenommen. *Thomson* führt dafür (System der Chemie 3. B. 2. Abth. S. 32) folgende Gründe an: 1. Ein künstliches Gemenge von Sauerstoff- und Stickgas, nach den durch eudiometrische Versuche gefundenen Verhältnissen bereitet, soll andere Eigenschaften als die atmosphärische Luft besitzen, z. B. vom Salpetergas soll mehr davon absorbirt werden, es soll die Flamme besser unterhalten, und Thiere sollen darin länger leben. 2. Verschiedene brennbare Körper absorbiren aus einer gegebenen Menge atmosphärischer Luft verschiedene Quantitäten Sauerstoffgas, z. B. Phosphor 22 Procent, Schwefel nur 8 Procent. 3. Bey der Bereitung der Salpetersäure und bey dem Durchleiten des oxydirten Stickgas durch glühende Röhren, erhält man atmosphärische Luft: nun ist es doch unwahrscheinlich, dass, wenn die atmosphärische Luft bloss gemengt wäre, sich in diesen zwey Operationen die Mengungstheile derselben immer genau in demselben Verhältnisse treffen sollten. 4. Als ein Hauptbeweis für die chemische Verbindung wird endlich das beständige und unveränderliche Verhältniss angeführt, welches zwischen Sauerstoffgas und Stickgas, ungeachtet des verschiedenen specifischen Gewichtes und des ungleichen Verbrauches überall und stets angetroffen wird.

481. Der erste dieser Beweise für die chemische Verbindung der zwey Hauptbestandtheile in der Atmosphäre

lässt sich dadurch ganz entkräften, dass man nur damahls, als man, nach schon längst allgemein als unrichtig anerkannten eudiometrischen Versuchen, 28 Procent Sauerstoffgas in der Atmosphäre annahm, ein künstliches Gemenge aus diesen 0,28 Sauerstoffgas und 0,72 Stickgas verschieden von der gewöhnlichen atmosphärischen (nur 0,21 Sauerstoffgas hältigen) Luft fand, weil in jener dann freylich Thiere länger athmen, entzündete Körper lebhafter brennen konnten, und Salpetergas eine grössere Verminderung hervorbringen musste; da hingegen ein künstliches Gemenge in dem richtigen Verhältnisse von 0,21 Sauerstoff- und 0,78 Stickgas von der atmosphärischen Luft in allen Eigenschaften gar nicht zu unterscheiden ist. — Dass verschiedene brennbare Körper aus einer gegebenen Menge von atmosphärischer Luft verschiedene Antheile von Sauerstoff, z. B. Phosphor 0,22, Schwefel nur 0,08 zu absorbiren vermögen, ist wahr, beweiset aber nur, dass Phosphor in Sauerstoffgas von j e d e r Dichtigkeit verbrennt, der Schwefel aber dazu Sauerstoffgas erfordert, welches höchstens um $\frac{1}{7}$ weniger dicht als die atmosphärische Luft seyn darf. In atmosphärischer Luft, welche bis auf den 5. Theil ihres Volumens zusammengedrückt ist, brennt eine Uhrfeder mit eben dem Glanze, wie in reinem Sauerstoffgas von der Dichtigkeit der Atmosphäre; und wahrscheinlich verbrennen Körper in reinem, aber bis auf das 5fache Volumen expandirten Sauerstoffgas nicht lebhafter, als in gewöhnlicher Luft. — Die dritte als Beweis angeführte Thatsache ist unrichtig; denn das Gas, welches bey der Bereitung der Salpetersäure entweicht, enthält immer m e h r, und das bey der Zerlegung des oxydirten Stickgas entstandene immer w e n i g e r Sauerstoffgas, als die atmosphärische Luft. — Überdiess fehlen der atmosphärischen Luft alle charakteristischen Kennzeichen chemischer Verbindungen, wohin z. B. eine auffallende Verschiedenheit in

den Eigenschaften (bey Gasarten, deren chemische Verbindung gewöhnlich von einer Verdichtung begleitet ist, vorzüglich im specifischen Gewichte) des neu entstandenen Körpers von jenen seiner Bestandtheile gehöret. Das Sauerstoffgas und das Stickgas sind aber durch ihre wechselseitige Verbindung in der Atmosphäre so wenig verändert, dass ihre Eigenschaften (z. B. ihr specifisches Gewicht) genau dieselben sind, welche jede Gasart bekommen muss, wenn sie in dem gegebenen Verhältnisse mit der andern verdünnt wird. Ferner kennen wir ja chemische Verbindungen von Sauerstoffgas und Stickgas in den verschiedensten Verhältnissen als Salpetersäure, salpetrige Säure, Salpetergas, oxydirtes Stickgas: mit keiner von diesen hat aber die atmosphärische Luft irgend eine Ähnlichkeit.

482. Wenn nun noch genügend erkläret werden kann, warum bey einem mechanischen Beysammenseyn der Gasarten in der Atmosphäre dieselben immer und allenthalben nach einem so beständigen Verhältnisse gemengt bleiben, und sich nicht nach ihrem specifischen Gewichte in Schichten absondern, wovon die leichteren auf den schwereren z. B. wie Äther auf Wasser, schwimmen: so muss die Hypothese der chemischen Verbindung des Sauerstoffgas und Stickgas in der Atmophäre, da sie nichts für sich und so viel gegen sich hat, als unhaltbar verworfen werden. Jene Erklärung lässt sich aus *Dalton's* Theorie über die Beschaffenheit gemischter luftförmiger Flüssigkeiten, sehr befriedigend herleiten. Dieser scharfsinnige Naturforscher schliesst (als Atomist) aus dem Mariotte'schen Gesetze, dass die Theilchen jedes luftförmigen Körpers sich mit einer Kraft abstossen, welche bey einer gegebenen Temperatur im umgekehrten Verhältnisse der Entfernungen ihrer Mittelpunkte von einander stehet. Dieses Abstossen findet aber, nach Daltons Annahme, nur zwischen den homogenen Theilchen desselben luftartigen Körpers, keineswegs aber

zwischen den heterogenen Theilchen verschiedener elastischer Flüssigkeiten Statt: die letzteren stossen sich wechselseitig eben so wenig ab als sie sich anziehen, verhalten sich also ganz gleichgültig gegen einander, und jede ist für die andere, da Luftarten überdiess so äusserst dünn sind, in Hinsicht der Bewegung im Raume gleichsam gar nicht da. Nur wenn die Theile heterogener elastischer Flüssigkeiten in unmittelbare Berührung (nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauche) kommen, wirken sie gegen einander wie unelastische Körper. Weil nur die Theilchen homogener Gasarten sich abstossen, so drücken oder gravitiren auch nur diese Theilchen auf einander, und jedes Gas trägt nur das Gewicht der über ihr befindlichen Theilchen seiner Art; von heterogenen, gasartigen Theilchen wird es weder gedrückt noch zusammengepresst. Heterogene, gemengte Gasarten verbreiten sich also in dem gemeinschaftlichen Raume so, wie jede einzeln gethan haben würde, ihr specifisches Gewicht mag auch noch so verschieden seyn. Werden z. B. 1 Kubik-Zoll Sauerstoffgas und 1 Kubik-Zoll Wasserstoffgas in einem hohen Cylinder von 2 Kubik-Zoll Inhalt gemengt, so verbreitet sich eine Gasart wie die andere im Cylinder von oben bis unten, und zwar nach demselben Gesetze, als ob ein Kubik-Zoll Sauerstoffgas oder 1 Kubik-Zoll Wasserstoffgas allein im Cylinder wäre. Ihre Elastizität ist dann die Summe der Elastizitäten beyder Gasarten, so dass sie gemengt genau einen Raum von 2 Kubik-Zoll mit der Mittel-Dichtigkeit beyder Gasarten einnehmen.

483. Man führt gegen diese Vorstellungsart Dalton's den Versuch an, dass Hydrogengas in einem Cylinder, der seine offene Mündung nach unten kehrt, viel länger unvermengt bleibt, als wenn die Mündung nach oben gerichtet ist; dass kohlensaures Gas sich gerade umgekehrt verhält, daher es sich selbst in atmosphärischer Luft, wie Wasser, einige Mahle aus einem Gefässe in ein anderes überfüllen lässt: daraus folgert man

dass eine Gasart in der andern sich nicht frey vertheilt, sondern den ihrem specifischen Gewichte angemessenen Platz über oder unter derselben einnimmt. *Dalton* begegnet diesem Einwurfe mit der Bemerkung, dass, wenn auch eine Gasart die freye Vertheilung einer andern nie ganz hindern, doch durch ihr Beharrungsvermögen (vis inertiae) verzögern kann: so wie die Bewegung des Wassers verzögert wird, wenn es zwischen Kieselsteinen fliesst. Denn die gleiche Vertheilung erfolgt in allen angeführten Fällen endlich doch, und ist sie einmahl erfolgt, so sondern sich die Gasarten auf keine Weise durch ihr specifisches Gewicht wieder ab; ehe sie aber ganz erfolgt ist, folgen die Gasarten andern stärker und geschwinder wirkenden Kräften, z. B. der Schwere. Die Gasarten gehorchen den letztern Kräften ganz allein, wenn ihre freye Vertheilung durch unüberwindliche Hindernisse unmöglich wird, z. B. wenn sie in Hüllen von nicht elastischflüssigem Stoffe eingeschlossen sind: daher steigen mit Hydrogengas gefüllte Luftbälle in die Höhe, daher fallen mit kohlensaurem Gas ausgedehnte Seifenblasen zu Boden. — Auch der Satz, dass nur homogene Gasarten auf einander drücken, und dass eine Gasart von einer andern gar nicht gedrückt oder zusammengepresst wird, ist mit der Einschränkung zu verstehen, wenn eine Gasart unmittelbar auf die andere wirkt; denn mittelst nichtelastisch- flüssiger Zwischenkörper drückt jede Gasart auf jede andere. Ist z. B. reines Sauerstoffgas in eine Blase eingeschlossen, so wirkt der Druck des atmosphärischen Stickgas so gut auf die Blase und durch diese auf die eingeschlossene Luft, als der Druck der Lebensluft. Wenn man Hydrogengas in einem Cylinder mit Wasser oder Quecksilber abgesperrt hat, so erleidet es durch diese zwey Zwischenkörper den ganzen Druck aller Bestandtheile der Atmosphäre. — Unsere Atmosphäre könnte noch aus bey weitem mehr Gasarten von dem verschiedensten specifischen Gewichte

bestehen, und doch würde jede sich nach demselben Gesetze verbreiten, als wäre sie allein da. Das specifisch schwerere Gas hat eben so wenig ein Bestreben, das specifisch leichtere in die Höhe zu treiben, als Schrott-Körner, die in einem Haufen liegen, die Luft zwischen sich herauszudrücken.

Die Art, wie in gemengten Gasarten nur die homogenen Theile sich abstossen, erläutert *Dalton* durch folgenden Vergleich mit der Wirkung der Magnete auf einander, in welchen, wie bekannt, sich auch nur die gleichnahmigen Pole abstossen. Wenn zwischen die gleichnahmigen Pole zweyer Magnete ein anderer Körper, z. B. ein Bretchen, gebracht wird, so stossen sich die zwey Pole ab, ohne auf den Zwischenkörper zu wirken (?). Man denke sich ein langes senkrechtes Haarröhrchen, in welchem sich eine Menge magnetischer Theilchen so befinden, dass immer die gleichnahmigen Pole von je zwey und zwey derselben gegen einander gerichtet sind. Die magnetischen Theilchen werden sich also abstossen, und eins immer in einiger Entfernung über dem andern schweben, und es wird s c h e i n e n, als trage die Luft die oberen Theilchen, da doch nur ein magnetisches Theilchen von dem andern durch die gegenseitige Repulsion entfernt gehalten, gehoben und getragen wird, und die Luft dabey ganz unthätig ist.

Verdünstungslehre (Atmologie).

484. *Dalton* dehnte seine Theorie auch auf den in der Atmosphäre vorhandenen Wasserdampf aus, und beseitigte dadurch alle Schwierigkeiten, welche bisher mit der Erklärung der Dampfbildung bey Temperaturen unter dem Siedepunkte verbunden waren. Um diesen Schwierigkeiten auszuweichen, hatte man seit *Leroy* fast allgemein angenommen, das Wasser werde von der Luft aufgelöset, so wie Salz vom Wasser, und aus der damit gesättigten Luft wieder niedergeschlagen, wenn Umstände eintreten, welche die Sättigungscapacität der Luft zum Wasser vermindern. Wärme soll die Auflö-

sung des Wassers in Luft, so wie die meisten andern Auflösungen, bloss begünstigen. Dieser Ansicht, nach welcher das sogenannte *freywillige Verdünsten* ein rein chemischer Auflösungsprozess ist, und nach welcher daher das Wasser mit der Luft chemisch verbunden seyn muss, ist aber eine entscheidende Thatsache ganz entgegen: nähmlich dass bey gleicher Temperatur Wasser im luftleeren Raume in eben der Menge, aber nur noch schneller, als in demselben, mit gewöhnlicher oder mit comprimirter Luft gefüllten Raume verdünstet, da doch bey Vermehrung des Auflösungsmittels und seiner Berührungspunkte mit dem aufzulösenden Körper von diesem um so mehr, bey gänzlicher Abwesenheit des Auflösungsmittels aber gar nichts aufgelöset werden sollte. Dann hatte man auch die Erfahrung gemacht, dass alle Gasarten unter gleichen Umständen gleich viel Wasser auflösen, also eine gleiche Verwandtschaft zu demselben haben müssen, da es doch sonst kaum zwey Körper gibt, die zu Einem dritten genau denselben Grad von Verwandtschaft äussern; ferner, dass die Luft, anstatt durch Verbindung mit Wasser an Dichtigkeit zuzunehmen, daran abnimmt; endlich dass bey dem freywilligen Verdünsten eben so viel Wärmestoff gebunden wird, als bey dem Verdampfen derselben Menge Wassers bey der Siedehitze. — Dieser Widersprüche wegen hatte schon *Saussure* zum Theil, *de Luc* aber ganz die Auflösungstheorie aufgegeben, und letzterer den Satz aufgestellt, dass sowohl das Erzeugen als das Bestehen von Wasserdünsten (auch von Dünsten anderer Art) in der Atmosphäre bloss von der Temperatur abhängig sey, dass also bey jeder Verdünstung bloss D a m p f, d. h. eine aus Wasser und Wärmestoff zusammengesetzte Substanz entstehe, und dass die Luft darauf gar keinen befördernden Einfluss nehme, als allenfalls durch ihre Bewegung die schon gebildeten Dämpfe weiter zu treiben und den neuen Platz zu machen; dass das Verdün-

sten bey allen Temperaturen nur bey niederern langsamer als bey höheren erfolge; dass das freywillige Verdünsten sich von dem Sieden nur dadurch unterscheide, dass bey ersterem bloss auf der Oberfläche der Flüssigkeit, bey letzterem aber auch im Innern derselben Dampf gebildet werde.

485. Da aber, allen Versuchen zu Folge, die Elastizität der Dämpfe, welche unter dem Siedepunkte einer Flüssigkeit gebildet werde, dem Drucke der Atmosphäre bey weitem nicht gleich kommt, so bleibt es immer unbegreiflich, wie eine Flüssigkeit unter ihrem Siedepunkte verdünsten könne, und warum diese Dämpfe, wenn sie auch wirklich entstanden wären, durch den Druck der Atmosphäre nicht sogleich wieder verdichtet würden. *Dalton's* glückliche Hypothese räumte diesen Stein des Anstosses aus dem Wege. Da nähmlich, nach dieser, Wasserdämpfe nur wieder von Wasserdämpfen, keineswegs aber von anderm Gas oder Dampfarten abgestossen oder gedrückt werden können; so hat der auf der Oberfläche des Wassers sich bildende Dampf bloss den Druck des in der Atmosphäre schon vorhandenen Wasserdampfes, keineswegs aber den Druck der ganzen Atmosphäre zu überwinden. Weil nun dieser Druck, wie wir (§. 477) gesehen haben, den eines halben Zolles Quecksilberhöhe selten übersteigt, so können sich bey allen Temperaturen, bey welchen die Elastizität der Dämpfe des verdünstenden Wassers mehr als einem halben Zolle Quecksilberhöhe das Gleichgewicht hält, auch Wasserdämpfe bilden.

486. *Dalton* bestimmte die Elastizität der Wasserdämpfe bey verschiedenen Temperaturen, indem er etwas Wasser in die Torricellische Leere eines Barometers steigen liess, es dann bis auf einen bestimmten Grad erwärmte und bemerkte, wie weit das Quecksilber herabgedrückt wurde. Gesetzt das Barometer stehe auf 30 Zoll und falle, wenn Wasser in die Torricellische Leere gebracht und darin bis auf + 21° R. erwärmt wird,

auf 29 Zoll: so ist die Expansivkraft der Wasserdämpfe bey dieser Temperatur Einem Zolle Quecksilberhöhe gleich; wird das Wasser unter denselben Umständen auf + 37° R. erwärmt, so sinkt das Quecksilber auf 27 Zoll; folglich ist die Expansivkraft der Wasserdämpfe bey dieser Temperatur gleich drey Zoll Quecksilberhöhe u. s. w. Die Resultate dieser Versuche findet man in der Tabelle am Schlusse. Mittelst derselben kann man die Elastizität der Dämpfe, die sich aus Wasser von einer gegebenen Temperatur entwickeln, sogleich bestimmen. Dieselbe Tabelle kann auch dazu dienen, die Elastizität des schon in der Luft vorhandenen und der neuen Verdampfung also entgegenwirkenden Wasserdampfes zu bestimmen. Dazu muss man aber noch die Temperatur kennen, bey welcher dieser Wasserdampf sich zu verdichten anfängt. Zu diesem Zwecke bediente sich Dalton eines von aussen ganz trockenen Glascylinders, den er mit frischem Brunnenwasser (im Winter mit einer Frostmischung) füllte und dann in die zu untersuchende Luft brachte. Lief der Cylinder an, so liess er den Inhalt desselben (das Wasser) etwas wärmer werden, wischte ihn gut ab, und versuchte, ob er nun noch anlief. Diess wiederhohlte er so lange, bis der Cylinder weiter anzulaufen gerade aufhörte. In diesem Momente untersuchte er die Temperatur des Wassers oder der Mischung, womit der Cylinder gefüllt war. Die dieser Temperatur entsprechende Zahl der Quecksilberzolle in der Tabelle gibt die Elastizität der in der Luft enthaltenen Wasserdämpfe. Im Sommer erhielt man auf diese Art immer viel grössere Zahlen als im Winter. Der Condensationspunkt der Dämpfe fiel von 1 bis 5° R. unter die mittlere Temperatur des Tages. Ist die Temperatur, bey welcher sich die in der Atmosphäre bereits vorhandenen Dünste condensiren, höher als jene des zu verdünstenden Wassers (welches in freyer Luft wohl niemahls der Fall ist), oder, was dasselbe heisst, ist die Zahl, welche die

Elastizität des in der Luft vorhandenen Wasserdampfes anzeigt, grösser als jene, welche der Elastizität der Dämpfe bey der Temperatur des zu verdünstenden Wassers entspricht: so erfolgt nicht nur keine Verdünstung, sondern es setzen sich noch Dünste aus der Luft an das Wasser ab. Ist aber die Temperatur des Wassers höher, als die Condensationstemperatur der Dünste in der Luft: so erfolgt die Verdünstung mit einer Kraft, welche der Differenz dieser zwey Temperaturen proportionirt ist.

Als der Cylinder in der Luft von der Temperatur + 20° R. zu beschlagen aufhörte, hatte das Wasser, womit er gefüllt war, eine Temperatur von + 8° R. (= + 50° F.). In der Tabelle findet sich dafür die Elastizität der Dämpfe 0,375 Zoll Quecksilberhöhe. Das zu verdünstende Wasser hat eine Temperatur von + 20° R. (+ 77° F.), welcher in der Tabelle eine Elastizität von 0,910 Zoll Quecksilberhöhe entspricht. Die Kraft der Verdünstung ist folglich 0,910 — 0,375 = 0,535 Zollen Quecksilberhöhe gleich. — Da nach der Tabelle Wasserdämpfe selbst unter 0 R. eine gewisse Elastizität haben, so kann Wasser selbst als Eis verdünsten, wenn die Elastizität der Wasserdämpfe in der Luft äusserst gering ist: eine Thatsache, die schon früher durch directe Versuche bekannt war. — Mittelst des so äusserst einfachen Verfahrens, die Elastizität der Wasserdämpfe in der Atmosphäre zu bestimmen, lässt sich auch die absolute Menge der darin enthaltenen Wasserdämpfe, und ihre Neigung zur Condensation besser als mittelst jedes andern Hygrometers erfahren; daher es auch schon lange vor Dalton von *Fontana* als hygrometrisch vorgeschlagen worden ist.

487. Nach dieser Theorie lässt sich sehr gut erklären, warum Flüssigkeiten nur bey jener Temperatur sieden, d. h. in ihrem Inneren Dämpfe entwickeln, bey welcher die Elastizität ihrer Dämpfe dem ganzen Drucke der Atmosphäre gewachsen ist. Auf die im Innern der Flüssigkeit sich bildenden Dämpfe wirkt die Atmosphäre nicht unmittelbar, sondern sie ruhet auf der Oberfläche der Flüssigkeit, und bedienet sich der obersten Schichte derselben, um auf die unteren ihren

ganzen Druck auszuüben. Es werden also die im Innern des Wassers sich bildenden Dämpfe nicht bloss durch das Gewicht des in der Atmosphäre schon befindlichen Wasserdampfes, sondern mittelst der obersten Schichte des Wassers, als nicht elastischflüssigen Zwischenkörpers (§. 483), auch durch jenes der übrigen Bestandtheile der Atmosphäre gedrückt; sie können daher nicht eher bestehen, als bis sie eine Temperatur erlangt haben, bey welcher ihre Elastizität, in Quecksilberzollen ausgedrückt, den ganzen (durch den jedesmahligen Barometerstand angegebenen) Druck der Atmosphäre überwieget: da hingegen die mit der Luft in unmittelbarer Berührung stehenden Theile an der Oberfläche des Wassers und die dort entstehenden Dämpfe, welche mit der Atmosphäre des Stickstoff-, Sauerstoff- und kohlensauren Gas gleichsam im Gleichgewichte stehen, ausser dem geringen, selten den 60ten Theil der ganzen Barometerhöhe betragenden Drucke der Dampf-Atmosphäre, nur das Beharrungsvermögen oder die Trägheit der übrigen Theile der Atmosphäre zu überwinden und zwischen ihnen, wie Dalton sich ausdrückt, durchzuschlüpfen brauchen.

Da die Dämpfe verschiedener Flüssigkeiten selbst bey einerley Temperatur eine ungleiche Elastizität haben, so folgt daraus, dass auch der Siedepunkt derselben (d. h. die Temperatur, bey welcher ihre Dämpfe dem ganzen Drucke der Atmosphäre das Gleichgewicht halten) nicht gleich seyn kann (§. 177); indem die Dämpfe der einen Flüssigkeit bey einer niederern oder höheren Temperatur jenen Elastizitätsgrad erreichen, als die Dämpfe einer andern Flüssigkeit. *Dalton* hat jedoch die merkwürdige Übereinstimmung gefunden, dass die Dämpfe der verschiedensten Flüssigkeiten in gleichem Temperatursabstande von dem individuellen Siedepunkte eine ganz gleiche Elastizität besitzen. So haben z. B. die Dämpfe des Schwefeläthers, der bey + 31° R. siedet, schon bey + 13° R. eine Elastizität von 12,73 engl. Zollen Quecksilberhöhe, welche Wasserdämpfe erst bey 62° R. erreichen: nun stehet aber 62 eben so weit von 80, als 13 von 31, nähmlich um 18 Grade ab,

488. Der Satz, dass die im luftvollen Raume erzeugten Wasserdämpfe die nähmliche Elastizität, wie die bey derselben Temperatur im luftleeren Raume erzeugten besitzen, auf den früher schon *Saussure* gekommen war, ist von *Dalton* durch eine Reihe von Versuchen bestätigt worden. Dieses gibt uns ein leichtes Mittel an die Hand, die Vermehrung der Elastizität oder des Volumens, welche ganz trockene Luft durch Zutritt von Wasser bey einer bestimmten Temperatur erlanget, im Voraus genau zu berechnen. Es seyen 20 Kubik-Zoll ganz trockener, + 180° F. warmer Luft durch eine 30 Zoll hohe Quecksilbersäule abgesperret und zusammengedrückt. Nun bringe man etwas Wasser hinein, so werden sich daraus Dämpfe entwickeln, welche bey der genannten Temperatur, nach der Tabelle, eine Elastizität von 15 Zoll besitzen, d. h. durch dieselbe einer Quecksilbersäule von 15 Zoll das Gleichgewicht halten. Diese 15 Zoll darf also nun die Luft nicht mehr tragen, sie wird folglich nur noch durch 30 — 15 = 15 Zoll Quecksilberhöhe zusammengedrückt bleiben, und nach dem Mariotte'schen Gesetze, da der Druck gerade um die Hälfte geringer ist, ihr Volumen verdoppeln, oder in dem gegebenen Falle 40 Zoll Raum einnehmen. — Diese Regel von der Zunahme der Elastizität der Wasserdämpfe gilt aber nur so lange, als noch tropfbares Wasser da ist, welches sich in Dämpfe verwandeln kann; denn ist kein tropfbares Wasser mehr da, so dehnt die bloss feuchte (d. h. mit Wasserdämpfen gemengte) Luft bey Erhöhung der Temperatur sich eben so viel und eben so gleichförmig, wie ganz trockene Luft (§. 245) nähmlich vom Eis- bis zum Siedepunkte des Wassers um 0,375 ihres Volumens aus.

489. Um die Menge der Verdünstung zu messen, bedienet man sich Gefässe voll Wasser, in welchen die Menge des verdünstenden Wassers entweder durch Skalen dem Rauminhalte nach, oder auch durch Gewichte

bestimmt wird, und welche man *Atmometer, Verdünstungsmesser* heisst. Wenn diese Vorrichtungen richtige Resultate geben sollen, müssen die Gefässe selbst so weit, als in ihnen das Wasser stehet, in eine grössere Masse von stehendem Wasser z. B. ins Meer, in einen See u. dgl. getauchet seyn, und es muss auf das durch Regen, Schnee, Thau u. dgl. in das Atmometer fallende Wasser Rücksicht genommen werden. — Aus dem Obigen wird man sich den Einfluss erklären können, welchen nebst der Temperatur der Flüssigkeit und der Elastizität der bereits vorhandenen Dampfatmosphäre, einige andere Umstände auf die Verdünstung nehmen: warum z. B. die Verdünstung auf hohen Bergen, in bewegter Luft, bey einem Luftzuge oder Winde, dann bey einer grösseren mit der Luft in Berührung stehenden Oberfläche viel schneller vor sich gehet, als in tiefliegenden Orten, wann über der Flüssigkeit eine Luftschichte stagniret, oder wann sie der Luft nur eine kleine Berührungsfläche darbiethet. Darauf gründet sich das *Gradiren* der Salzsohlen und *Montgolfier's* künstlicher Verdünstungsapparat mit einem Centrifugalventilator.

Nach *Dalton* betrug zu Manchester die mittlere Menge der jährlichen Verdünstung in den 3 Jahren 1796—97—98 in engl. Masse 25,158 Zoll. Bey uns ist sie gewöhnlich im Monathe July am grössten, im December und Jänner am geringsten: an dem heissesten, trocknendsten Sommertage übersteigt sie selten 0,2 Zoll. Im Durchschnitte nimmt man die jährliche Verdampfung auf der ganzen Oberfläche der Erde ungefähr auf 30 W. Zoll an.

490. Wenn das verdünstete Wasser in der Atmosphäre bliebe, so würde die weitere Verdünstung nach und nach ganz aufhören, indem die Elastizität der Dampfatmosphäre bald so gross als die Elastizität des Dampfes bey der mittleren Temperatur an der Oberfläche der Erde werden würde. Allein die Dampfatmosphäre erreicht nie diesen Punkt: sondern ein Theil des Dampfes

nimmt die sichtbare Bläschenform an, und bildet Nebel oder Wolken, in denen er dann häufig vollends in den tropfbaren oder festen Zustand übergeht und als Regen, Schnee, Hagel herabfällt. Die Ursachen dieser Formveränderungen sind uns fast noch gänzlich unbekannt, indem sie öfters erfolgen, wenn die Luft an allen unsern hygrometrischen Instrumenten bey weiten nicht den höchsten Grad von Feuchtigkeit zeiget, oder wenn die Atmosphäre noch lange nicht bis unter den Condensationspunkt der in ihr befindlichen Wasserdämpfe abgekühlt wird: im Gegentheile verschwinden Wolken, die sich an einem warmen Tage gebildet haben, manchmahl Abends, wenn es kühl wird. Um die Menge des, in was immer für einer Form, aus der Atmosphäre fallenden Wassers zu messen, hat man *Regenmesser (Hyetometer* oder *Ombrometer*) d. h. flache, oben ganz offene, gewöhnlich metallene Gefässe von bestimmten Dimensionen, die sich, zur Verhütung des Wiederverdünstens, unten trichterförmig mit einer engen Öffnung in ein anderes geschlossenes Gefäss münden. In den wärmeren Zonen fällt mehr Regen als in den kälteren z. B. auf St. Domingo jährlich 115 W. Zoll, in Petersburg nur 16; in Gebirgen mehr als in Ebenen. Nach *Daltons* Versuchen war in den drey oben genannten Jahren in England die mittlere Menge des Regens 33,560 engl. Zoll. Davon verdünsteten wieder 25,158, und 8,402 liefen durch die Flüsse ins Meer. Die mittlere Menge des auf die gesammte Oberfläche der Erde fallenden Regens setzet man, der Verdünstung gleich, beyläufig auf 30 W. Zoll. Der Regen vermehrt sich bey seinem Durchgange durch die Atmosphäre: stellt man einen Regenmesser auf dem Dache, den andern am Fusse eines Hauses auf, so wird man gewöhnlich in dem letzteren bedeutend mehr Wasser als in dem ersten finden.

Die mannigfaltigen in der Atmosphäre vorfallenden, bald mehr bald weniger auffallenden, bald regelmässigen bald unre-

gelmässigen, bald schnell vorübergehenden bald anhaltenden Veränderungen heisst man *Meteore* oder begreift sie auch unter dem collectiven Nahmen der *Witterung*. Die sehr ausgebreitete Lehre derselben (die aber bey weitem noch auf keinen festen, zuverlässigen Prinzipien ruhet) heisst die *Meteorologie* oder *Witterungskunde*; und die daraus abgeleitete Lehre, die Witterung vorher zu bestimmen, die *Meteorognosie* oder *Meteoromantie*. Keine von beyden findet innerhalb der, diesem Buche gesetzten Gränzen mehr Platz.

Systematischer Grundriss der Atmosphärologie von Wilhelm August *Lampadius*. Freyberg 1805.

Lehrbuch über die *physische Astronomie*, *Theorie der Erde* und *Meteorologie* von Joh. Tob. *Mayer*. Göttingen 1805.

De Luc's Untersuchungen über die Atmosphäre. Aus dem Französischen. Leipzig 1776.

Anton Pilgram's Untersuchungen über das Wahrscheinliche der Witterungskunde durch vieljährige Beobachtungen. Wien 1788.

Von den bisherigen Versuchen über die längere Voraussicht der Witterung. Eine geschichtliche Skitze mit Bemerkungen, vorgelesen in der öffentlichen Versammlung der k. bair. Akademie d. W. von *Anselm Ellinger*. München 1815.

Die Resultate von *De Luc's* und *Saussure's* Forschungen über die Atmosphäre findet man grösstentheils in den schon öfters empfohlenen physikalischen Wörterbüchern und Zeitschriften, dann auch in eigenen Abhandlungen über einzelne Gegenstände. *Dalton's* Theorie hat *Gilbert* in seinen schätzbaren Annalen der Physik am vollständigsten mit lehrreichen Vergleichungen und Bemerkungen bereichert geliefert.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Expansivkraft der Wasserdämpfe in allen Temperaturen vom Gefrierpunkte des Quecksilbers oder — 40° F. bis auf + 325° F., nach englischen Zollen Quecksilberhöhe.

Temperatur.	E. Zoll Quecks. Höhe.	Temperatur.	E. Zoll Quecks. Höhe.	Temperatur.	E. Zoll Quecks. Höhe.	Temperatur.	E. Zoll Quecks. Höhe.
40°	0,015	29	0,180	62	0,560	95	1,58
30	0,020	30	0,186	63	0,578	96	1,63
20	0,030	31	0,193	64	0,597	97	1,68
10	0,043	32	0,200	65	0,616	98	1,74
0	0,064	33	0,207	66	0,635	99	1,80
1	0,066	34	0,214	67	0,655	100	1,86
2	0,068	35	0,221	68	0,676	101	1,92
3	0,071	36	0,229	69	0,698	102	1,98
4	0,074	37	0,237	70	0,721	103	2,04
5	0,076	38	0,245	71	0,745	104	2,11
6	0,079	39	0,254	72	0,770	105	2,18
7	0,082	40	0,263	73	0,796	106	2,25
8	0,085	41	0,273	74	0,823	107	2,32
9	0,087	42	0,283	75	0,851	108	2,39
10	0,090	43	0,294	76	0,880	109	2,46
11	0,093	44	0,305	77	0,910	110	2,53
12	0,096	45	0,316	78	0,940	111	2,60
13	0,100	46	0,328	79	0,971	112	2,68
14	0,104	47	0,339	80	1,00	113	2,76
15	0,108	48	0,351	81	1,04	114	2,84
16	0,112	49	0,363	82	1,07	115	2,92
17	0,116	50	0,375	83	1,10	116	3,00
18	0,120	51	0,388	84	1,14	117	3,08
19	0,124	52	0,401	85	1,17	118	3,16
20	0,129	53	0,415	86	1,21	119	3,25
21	0,134	54	0,429	87	1,24	120	3,33
22	0,139	55	0,443	88	1,28	121	3,42
23	0,144	56	0,458	89	1,32	122	3,50
24	0,150	57	0,474	90	1,36	123	3,59
25	0,156	58	0,490	91	1,40	124	3,69
26	0,162	59	0,507	92	1,44	125	3,79
27	0,168	60	0,524	93	1,48	126	3,89
28	0,174	61	0,542	94	1,53	127	4,00

Temperatur.	E. Zoll Quecks. Höhe.	Temperatur.	E. Zoll Quecks. Höhe.	Temperatur.	E. Zoll Quecks. Höhe.	Temperatur.	E. Zoll Quecks. Höhe.
128	4,11	168	11,54	208	27,74	248	56,42
129	4,22	169	11,88	209	28,29	249	57,31
130	4,34	170	12,13	210	28,84	250	58,21
131	4,47	171	12,43	211	29,41	251	59,12
132	4,60	172	12,73	212	30,00	252	60,05
133	4,73	173	13,02	213	30,60	253	61,00
134	4,86	174	13,32	214	31,21	254	61,92
135	5,00	175	13,62	215	31,83	255	62,85
136	5,14	176	13,92	216	32,46	256	63,76
137	5,29	177	14,22	217	33,09	257	64,82
138	5,44	178	14,52	218	33,72	258	65,78
139	5,59	179	14,83	219	34,35	259	66,75
140	5,74	180	15,15	220	34,99	260	67,73
141	5,90	181	15,50	221	35,63	261	68,72
142	6,05	182	15,86	222	36,25	262	69,72
143	6,21	183	16,23	223	36,88	263	70,73
144	6,37	184	16,61	224	37,53	264	71,74
145	6,53	185	17,00	225	38,20	265	72,76
146	6,70	186	17,40	226	38,89	266	73,77
147	6,87	187	17,80	227	39,59	267	74,79
148	7,05	188	18,20	228	40,30	268	75,80
149	7,23	189	18,60	229	41,02	269	76,82
150	7,42	190	19,00	230	41,75	270	77,85
151	7,61	191	19,42	231	42,49	271	78,89
152	7,81	192	19,86	232	43,24	272	79,94
153	8,01	193	20,32	233	44,00	273	80,98
154	8,20	194	20,77	234	44,78	274	82,01
155	8,40	195	21,22	235	45,58	275	83,13
156	8,60	196	21,68	236	46,39	276	84,25
157	8,81	197	22,13	237	47,20	277	85,37
158	9,02	198	22,69	238	48,02	278	86,50
159	9,24	199	23,16	239	48,84	279	87,63
160	9,46	200	23,64	240	49,67	280	88,75
161	9,68	201	24,12	241	50,50	281	89,87
162	9,91	202	24,61	242	51,34	282	90,99
163	10,15	203	25,10	243	52,18	283	92,11
164	10,41	204	25,61	244	53,03	284	93,25
165	10,68	205	26,18	245	53,88	285	94,35
166	10,96	206	26,66	246	54,68	286	95,48
167	11,25	207	27,20	247	55,54	287	96,64

Temperatur.	E. Zoll Quecks. Höhe.	Temperatur.	E. Zoll Quecks. Höhe.	Temperatur.	E. Zoll Quecks. Höhe.	Temperatur.	E. Zoll Quecks. Höhe.
288	97,80	298	109,48	308	121,20	318	132,72
289	98,96	299	110,64	309	122,37	319	133,86
290	100,12	300	111,81	310	123,53	320	135,00
291	101,28	301	112,98	311	124,69	321	136,14
292	102,45	302	114,15	312	125,85	322	137,28
293	103,63	303	115,32	313	127,00	323	138,42
294	104,80	304	116,50	314	128,15	324	139,56
295	105,97	305	117,68	315	129,29	325	140,70
296	107,14	306	118,86	316	130,43		
297	108,31	307	120,03	317	131,57		

Sachregister.

A.

Abstand des deutlichen Sehens 199.
Abstossung, begründet die Undurchdringlichkeit der Materie und gehört zum Wesen derselben 11. 12; elektrische 305, galvanische 350, magnetische 373, Abstossung zwischen elastischflüssigen Körpern 473.
Abweichung magnetische 382, in Wien 384.
Adhäsion 111, begründet die Fähigkeit tropfbarer Substanzen, feste zu benetzen 86, als vorgeschlagenes Mittel die Verwandtschaftsintensität zu bestimmen 112.
Aërostat 436.
Aequator magnetischer 382.
Aggregattheile 47.
Aggregatzustand hängt von dem Verhältnisse der Grundkräfte ab 53, Übergang aus einem in den andern durch Zusetzen oder Entziehen von Wärmestoff. 249.
Anamorphosen 209.
Anemometer s. Windmesser.
Anemoscop s. Windzeiger.
Anker am bewaffneten Magnete 377.
Anthrakometer 461.
Anziehung ist eine allgemeine Eigenschaft der Materie 12, sie zerfällt in 3 Arten 31, Anziehung in grossen Abständen ist Gravitation und Schwere 32, Anziehung der Berge 46, in kleinsten Abständen Verwandtschaft 47, elektrische Anziehung 305, galvanische 350, magnetische 373.
Apparat, pneumatischer Quecksilber- und Wasserapparat 70, galvanischer 348—349, zur Wasserzerlegung 354.
Aräometrie 157, Vergleichung der Beauméschen Aräometergrade mit dem specifischen Gewichte 164.
Aräometer mit Gewichten, Nichelson'scher 157, mit Skalen nach Beaumé, Richter und Meissner 160, correspondirende 161, Procentenaräometer für besondere Flüssigkeiten 162, Vorsicht beym Gebrauche 163,
Armatur 338. 377.
Aschenzieher 370.
Athmen Theorien über die Wärmeerzeugung dabey 285—288. 418.

Atmologie s. Verdünstungslehre.
Atmometer 483.
Atmosphäre. Ihr Zutritt ist zu den meisten Verbrennungsprozessen nothwendig 276, elektrische 305, Elektrizität der Atmosphäre 364, Resultate von Cavallos Versuchen darüber 365, Erdatmosphäre 396, ihre *physischen Eigenschaften:* Durchsichtigkeit und ihre Veränderungen; blaue Farbe soll von Wasserdämpfen herkommen; Brechungsvermögen: irdische Strahlenbrechung 398, ungewöhnliche 400. Ihre Wärme nimmt mit der Entfernung von der Erdoberfläche ab: Gränze des ewigen Schnees 401; sie steht mit der Menge, und mit der senkrechten Richtung der einfallenden Sonnenstrahlen im geraden Verhältnisse. Einfluss des Bodens, der Winde und des elektrischen Zustandes darauf 406. *Physisch-mechanische Eigenschaften* der Atmosphäre. Ihre Elastizität gleicht der der übrigen Gasarten 408, Beweis durch Versuche 409, Mariotte'sches Gesetz 412, Gewicht der Atmosphäre; davon abhängige Erscheinungen, und Versuche 415, 416, die Höhe, bis zu welcher verschiedene tropfbare Flüssigkeiten im luftleeren Raume durch den Druck der Atmosphäre gehoben werden, ist vom specifischen Gewichte der ersteren abhängig. 418. Saugwerke 419, Druckwerke 421, Heber 422—424, Beweis, dass diese Erscheinungen vom Drucke der Atmosphäre abhängen. Erklärung der Alten aus dem Abscheue vor dem leeren Raume. Torricellische Röhre. Barometer 425—432, Angaben über die Höhe der Atmosphäre 433, Art, die Dichtigkeit der Atmosphäre in einer gewissen Höhe zu bestimmen 435, Höhemessungen mit dem Barometer 437, Winde 445 — 450, *Physisch-chemische Eigenschaften* der Atmosphäre 450, Bestandtheile: Oxygen-, Stick- und kohlensaures Gas, Wasserdämpfe, und andere sinnlich nicht wahrnehmbare Stoffe 450, Eudiometrie 451. Ihr quantitatives Verhältniss und dessen Beständig- und Gleichförmigkeit 460. Kohlensaures Gas 46, Anthrakometer 461, Wasserstoffgas hat man noch nicht als Bestandtheil der Atmosphäre gefunden 462, Wasser der Atmosphäre 463, Hygrometrie 464, Miasmen 469. In welcher Verbindung stehen die Bestandtheile der Atmosphäre? 470, Gründe für die chemische Verbindung von Thomson 471, Widerlegung derselben. Theorie von Dalton 472—476, Verdünstungslehre. Die Theorie von einer

Auflösung des Wassers in der Luft hält nicht Stich. Erklärung nach Dalton's Theorie. 477–480.

Atom 9.

Atomistik. Auseinandersetzung derselben, 10. 11. Modificationen 10, Vergleichung mit der Dynamistik 14.

Attraction s. Anziehung.

Auflösung 48, auf trocknem und nassem Wege 34, wird durch Wärme meistens befördert 95, 266.

Auge, *Augenhöhle*, *Augenachse*, *Augapfel*, *Augenstern* 196—197.

Ausdehnung 13, der Körper durch Wärme 220, ist in gasförmigen Körpern am grössten, in festen am geringsten 221; erstere dehnen sich gleichförmig, letztere mit der Temperatur zunehmend aus. Tabelle über die Ausdehnbarkeit einiger Körper durch Wärmestoff.

Ausdünstung s. Verdünstung.

Auslader, gewöhnlicher und Henleys allgemeiner 328, Ausladeelektrometer 337.

Ausströmen der Elektrizität 314.

Azimuthalcompass 384.

Azotgas, als Bestandtheil der Atmosphäre 451.

B.

Bad, elektrisches 336.

Barometer 425, Eigenschaften, eines guten 429, Nothwendige Vorsicht beym Beobachten damit 430, Berichtigung wegen der Temperatur des Quecksilbers. Anzeiger der Luftverdünnung unter der Glocke der Luftpumpe 432, Einschränkung seiner Wetterverkündigungsgabe. 433. Höhenmessen damit 437.

Barometergraph 429.

Barometerhöhe, Veränderung derselben 432, mittlere an verschiedenen Orten. 432. bis zu welcher jede der vier Atmosphären der Erde das Quecksilber hebt 468.

Barometerthermometer 431.

Baroskop s. Barometer.

Batterie elektrische 331, galvanische 343, ihre Construction 344, trockene galv. Batterien 346, 347, Beschreibung von Davy's galv. Bat. 349, Wirkungen 352—361.

Becherapparat galvanischer 349.

Beharrungsvermögen 19, das der Gasarten und Dämpfe verzögert ihre gleichförmige Vertheilung 475. 481.

Beobachtung 2.

Bestandtheil 48.

Beugnng des Lichtes 178.

Bewegung, letzte Ursache aller materiellen Erscheinungen 3, wahrnehmbare und unmerkliche begründet den Unterschied zwischen Physik und Chemie 4, Definition von B. 15. Eintheilung 15, 16, Nothwendige Bedingungen derselben: Richtung und Geschwindigkeit 17—21, Grösse der Bewegung 18, Mittheilung 19.

Beförderungsmittel, Maschinen 23, Hindernisse derselben 27—30.
Bild vollkommenes, unvollkommenes 199, wo es in Spiegeln 206, und durch convexe Gläser erscheint 211.
Blaseheber. 424.
Bleywage 33.
Blitz und seine Wirkungen 366, 367.
Blitzableiter 368.
Brechung 178, Erklärung nach Newton; steht im geraden Verhältnisse mit der Dichtigkeit des brechenden Mediums; nur in brennbaren Substanzen ist sie grösser 187, Erfolg der Brechung 188, durch die Atmosphäre 398.
Brennkörper oder *Stoffe* 276.
Brennpunkt 185, negativer 189, seine Wirkungen 270.
Brennweite 185.
Brunnen-, Zauber-oder auslassende 419.

C.

Calorimeter 242.
Cassolette de salubrité 470.
Camera clara, lucida und *obscura* 215.
Capillarität 88, 89.
Chamsin 449.
Charlièren 437.
Chemie, Unterschied von Physik 4, Herleitung des Nahmens 5, ist keine strenge Wissenschaft, sondern eine systematische Kunst 6, Ideal einer vollkommenen 7.
Coëfficient, beständiger zur Berechnung der Höhen aus Barometerbeobachtungen 439.
Cohärenz 52.
Cohäsion, was sie ist und wodurch sie gemessen wird 52, der Aggregatzustand der Körper hängt von ihr ab 53, auch die Krystallisation von ihrem ungestörten Wirken 73.
Compass 383.
Compressionsmaschine 410.
Condensator der Dämpfe 258, der Elektrizität 232, magnetische Condensatorwirkung 390.
Crise, magnetische 392.

D.

Dampf, Unterschied von Gas 67, Bildung desselben durch Wärme 255, Wasserdampf 257, Dampfbildung ist mit Erzeugung von — Elekt., Dampfcondensirung mit Erzeugung von + Elektrizität verbunden 363, Dämpfe sollen die blaue Farbe der Atmosphäre machen 398. Wie die Wasserdämpfe in der Atmosphäre vorhanden sind, nach Dalton. Methode, ihre Elastizität zu messen 478, die Dämpfe aller Flüssigkeiten haben in gleichem Abstande von dem Siedepunkte der letzteren auch gleiche Elastizität 481.
Declination s. Abweichung.
Dehnbarkeit 55.
Diaphanometer 397.
Dioptrik 178.
Direction des Magnets 382.

Donner 366.
Drache als elektrometrische Vorrichtung 564.
Druck der Atmosphäre 415.
Druckwerke 421.
Ductilität 55.
Dunst s. Dampf.
Dunstkreis s. Atmosphäre.
Dynamistik, Auseinandersetzung derselben, 11, 12, Vergleichung mit der Atomistik 14.
Dynamometer s. Kraftmesser.

E.

Effloresciren 78.
Einfallsloth und *Einfallswinkel* 184.
Eisen, sein specifisches Gewicht. 166, attractorisches, retractorisches und unparteyisches. 373.
Elastizität, attractive und expansive 55, tropfbarer Körper 56. Elastischflüssige Körper besitzen eine expansive Elastizität, deren Gränzen wir bisher nicht kennen 66, ihre Elastizität nimmt im geraden Verhältnisse mit dem Drucke und ihrer Verdichtung zu 69, Elastizität der Atmosphäre, 408 der Wasserdämpfe 257, Daltons Methode den Grad derselben zu bestimmen 478.
Elektrisirmaschine 301, Beschreibung der grossen im Teyler'schen Museum 304.
Elektrizität 32, Quelle von Licht 183, 334, 352, von Wärme 268, 273, 335, 353, Erregung von Elektrizität überhaupt, Herleitung des Nahmens 290, fünferley Arten der Erregung: *durch Reibung erregte* 291, Elektrizitäts-Leiter, Nichtleiter, Halbleiter. Alle Körper können durch Reiben elektrisch werden, daher ist die Eintheilung in elektrische und unelektrische Körper unrichtig 292, Begriff von Isolirung. Leiter vom ersten und zweyten Range 293. Nur ungleich elektrische Körper geben wechselseitige Zeichen des elektrischen Zustandes 294, Es gibt zwey verschiedene elektrische Zustände: Glas- und Harz-, positive und negative Elektrizität, + E, — E. Erklärung derselben nach dem Dualistischen Systeme 295, nach Franklins oder dem der Unitarier 298, von zwey an einander geriebenen Körpern erhält der eine immer + E, der andere — E. Welcher +, welcher — E erhält 299, Tabelle darüber. Elektrische Anziehung und Abstossung, Wirkungskreis 305, Erklärung nach den Unitariern 306, nach den Dualisten 307, gleichnahmig elektrische Körper stossen sich ab, ungleichnahmige ziehen sich an. Versuche, die sich darauf gründen, 308 *Elektrometer* zur Erforschung des Grades 309, und der Art des elektrischen Zustandes 310, *Mittheilung* der Elektri-

zität 311, Grund derselben. Ausströmen der Elektrizität im luftleeren Raume 312, in der Luft. Schlagweite 313, Eigenschaft der Spitzen. Verschiedenheit des — und + elektrischen Funkens 314, Verschwinden des elektrischen Zustandes. *Vertheilung* der Elektrizität 315, an Leitern 317, an Nichtleitern 319. Die Elektrizitätscapacität des vertheilend wirkenden Körpers wird verändert 320, Unterschied der Vertheilung von Mittheilung 321, Erscheinungen am Elektrophor, an der Kleistischen Flasche 328, *Wirkungen* der Elektrizität 333, Anwendung derselben als Arzneymittel 336.

Elektrizität galvanische. Entdeckung und allgemeinste Erscheinungen derselben. Art Galvani's Versuche an Fröschen nachzuahmen 338, Bedingungen zur Erzeugung der galvanischen Elektrizität: 2 feste und 1 flüssiger, oder 2 flüssige und 1 fester Erreger 339, galvanische Ketten und ihre Pole 340, Tabelle über Erreger, welche wirksame galvanische Ketten construiren. Unipolare Körper. Abhängigkeit der Wirksamkeit einer galvanischen Kette 341, ihre Entladung. Verbindung mehrerer zu einer galvanischen Batterie, oder Volta's Säule 343, Arten der letzteren. Die Wirkungen der galvanischen Elektrizität kommen im allgemeinen mit jenen der Reibungselektrizität überein, vorzüglich mit jenen einer Batterie von unermesslicher Belegung und geringer Spannung. Anziehen und Abstossen. Zamboni's Mobile perpetuum 350, Erschütterung 351, Licht- und Wärmeerscheinungen 353, Beweis gegen die Materialität des Wärmestoffs. Zerlegung des Wassers 354, ist der Masstab der chemischen Wirksamkeit eines galvanischen Apparates überhaupt: Erklärung derselben nach dem Systeme der Unitarier und Dualisten 356, Desoxydation: Zerlegung der Alkalien 357, die chemische Wirksamkeit der galvanischen Elektrizität gränzt an das Wunderbare 358, ist das kräftigste Mittel, Körper in die einfachsten Formen der Materie zu zerlegen 359, Synthetische Wirkungen. Wirkungen auf organische Körper 360, Erklärung einiger Erscheinungen. Unzulänglichkeit aller Theorien über galvanische Elektrizität 361.

Elektrizität durch *Erwärmung.* Instrument sie zu erkennen 371, Theorie 372.

Elektrizität, durch *chemische Veränderungen* erregte 363, atmosphärische. Instrumente sie zu erkennen und zu messen. Resultate von Cavallo's

Versuchen darüber. Erscheinungen die sich daraus erklären lassen 364—368, hat Einfluss auf die Temperatur der Atmosphäre 405.

Elektrizität thierische, irrig sogenannte 338, 369, elektrische Fische 370.

Elektrizitäts-Leiter, *Halbleiter und Nichtleiter* 292.

Elektrometer 309, für die galvanische Elektrizität 352, der atmosphärischen Elektrizität 364.

Elektromotor 343, immerwährender 351.

Elektrophor, Beschreibung desselben 322, dadurch hervorgebrachte Erscheinungen 323, leistet die Wirkungen einer Elektrisirmaschine. Erklärung der Wirkungen des Elektrophors 324, Verstärkungen durch sich selbst 333.

Entzündung 275, ohne Erhöhung der Temperatur von aussen. Selbstentzündungen 282. 369.

Erfahrung 2.

Erdatmosphäre 396.

Erdfernröhre 215.

Erreger feste und flüssige 339.

Erschütterungskreis 327, galvanischer 351.

Eudiometrie 452, Gebrauch der verschiedenen Eudiometer und ihre Theorie 453—463, Nothwendige Vorsichten bey eudiometrischen Versuchen: Berücksichtigung des Thermometer- und Barometerstandes, und des Druckes der Atmosphäre überhaupt 457.

Eudiometer, Fontana'scher mit Salpetergas 452, Volta'scher mit Hydrogengas 454, Scheele'scher mit Schwefelalkalien 455, Berthollet'scher mit Phosphor 456, Davy'scher 457.

F.

Fallen, Wirkung der Schwere 33, ein horizontal geworfener Körper beschreibt durch ihren gleichzeitigen Einfluss eine Parabel 40.

Fallmaschine Atwoodsche 40.

Farben, Entstehung derselben durch Zerstreuung des Lichtes 190, Haupt- oder Grundfarben 193, Erklärung, warum Körper vers chiedene Farben geben. Zufällige. Unterschied von Pigment 195, Farbe der Atmosphäre 398.

Ferngläser und *Röhre* 212.

Festigkeit, absolute und relative. Unterschied von Härte 53.

Feuerspritze 412, 427.

Feuerunterhaltungs- und Löschanstalten 282.

Feuerzeuge pneumatische 271.

Figuren Lichtenbergische 326.

Firmament 397.

Fische elektrische 369.

Fläche schiefe, einfache Maschine 25, Fallen der Körper darüber 41.

Flächenmass 127, 132.

Flacons desinfectans 470.

Flamme 280.

Flasche Kleist'sche oder Leidner 326, Ladung und Entladung derselben 328, kann auch mittelst des Elektro-

phors geladen werden 330, Erklärung der Erscheinungen an der Kleist'schen Flasche 331.
Flaschenapparat galvanis. 349.
Flüssigkeiten 54, 58, tropfbare sind elastisch 56, ihre Ausdehnung durch Wärme 221, 223, besitzen eine den Wärmestoff fortführende Eigenschaft 235, elastischflüssige Körper besitzen einen unbegränzten Grad von expansiver Elastizität 66, welcher mit dem Drucke im geraden Verhältnisse steigt 69, 412, sind die schlechtesten Wärmeleiter 239.
Flüssigkeitsmesser 59.

G.

Galvanismus, s. Elektrizität galvanische.
Gasarten, Unterschied von Dämpfen 67, Manipulation mit denselben 70, Ausdehnung durch Wärme 220, können ohne Wasserdämpfe bestehen 468.
Gefrierpunkt 249.
Gemenge, *Gemeintheile* 48.
Geschwindigkeit 27, des Lichtes 180, des Wärmestoffs 233, des Windes 445.
Gewicht Unterschied von Schwere 35, absolutes und specifisches. Modification des Gewichtes fester Körper, wenn sie in Flüssigkeiten eingetaucht werden 62—64, natürliches, neufranzösisches, in Österreich gesetzmässig bestimmtes 142, ausländische 143, Vergleichung der Unzen und Grane des Apothekergewichts in den vorzüglichsten Ländern Europas 146, specifisches Gewicht 149, Methode, es zu bestimmen an Gasarten, tropfbaren und festen Körpern 150—154, Gewicht der Atmosphäre specifisches 408, absolutes 414, 418, Abnahme des specifischen Gewichts der Atmosphäre mit der Höhe 434.
Gewitter 366.
Glühen 183.
Gramme 141.
Gravimeter Nicholsonscher 157.
Gravitation 31.

H.

Haarhygrometer Saussure's 464.
Haarröhrchen 88, Erscheinungen in denselben und ihre Abhängigkeit. Naturerscheinungen, die sich daraus erklären lassen 90.
Hämmerbarkeit 55.
Halbschatten 179.
Harmattan 449.
Haspel 25.
Hebel und seine Arten 23, 24.
Heber, seine Wirkungen und ihre Erklärung 422.
Heberbarometer 427.
Helligkeit 175.
Hellsehender magnetischer 393.
Heronsball und *Brunn* 410.
Himmel 397.
Himmelsfernrohr 215.
Höhenmessen mit dem Barometer 437, Berechnung mittelst Logarihtmen 439, mittelst

schon berechneter Tafeln 440. Nothwendige Vorsichten und Correctionen 442.
Hornhaut durchsichtige u. undurchsichtige 196.
Horopter 201.
Hydraulik 66.
Hydrostatik 66.
Hyetometer s. Regenmesser.
Hygrometrie 464, Leslie's und Dalton's hygrometrisches Verfahren. Unvollkommenheiten der Hygrometrie 466, 467, 430.
Hygrometer, Saussure's Haar-, de Luc's Fischbeinhygrometer 464, 465.

I.

Impermeabilität, von mechanischer Undurchdringlichkeit verschieden 11.
Inclination des Magnets 385.
Inclinatorien, magnetische 385.
Incoercibilien, sind nur hypothetische Materien 72, 175.
Inflexion s. Beugung
Instrumente, optische 212.
Jodine 76
Isolatoren und *Isolirung* 292, 293.

K

Kälte, ist Mangel an Wärmestoff 246, absolute ist unbekannt. Abhängigkeit und Trüglichkeit des Gefühls von Kälte. Kälte erregende Mischungen 264. Kältegrade 226.
Kapselapparat, galvanischer 349.
Kapselbarometer und seine Unvollkommenheiten 426.
Katoptrik 178.
Keil 26.
Kette, galvanische einfache der 1. und 2. Art 340, geschlossene 343, zusammengesetzte oder Kettenkette 343. Bedingungen zu ihrer Wirksamkeit s. Elekt galvan.
Kimmung 400.
Klima 404.
Kochen, s. Sieden.
Kohlensäure gasförmige als Bestandtheil der Atmosphäre 460.
Körper, Definition 8, unzerlegte 49.
Kräfte, Grundkräfte der Materie 11—15.
Kraftmesser 147.
Krystalle, ihre Benennung 79, Zerlegung durch Abblättern: ihre Kerngestalt 79. Primitive und sekundäre Form. 6 Primitive Formen. Zerlegung der Kerngestalten in integrirende Molecul's 81. Hauy's Theorie 82.
Krystallisation, die Tropfenbildung flüssiger Körper gehöret auch dazu 73. Bedingungen zur Tropfenbildung und zur Bildung fester Krystalle 74. Le Blanc's Krystallisationsmethode 76. Metalle werden durch Krystallisation spröde. Trennungsmittel verschiedenartiger Salze 77.
Krystalleis oder *Wasser* 78.
Krystalllinse des Auges 197.
Kurzsichtigkeit 200, 205.
Kyanometer 397.

L.

Lampe, ihre beste Construction 183, Argand'sche 284.

Leben, Quelle von Wärme 285.

Lebensluft 277, 451.

Leere, Torricellische und Guerickesche 68, 425.

Libelle 60.

Licht, Entwicklung des Begriffs. Eintheilung der Körper in Bezug auf das Licht in leuchtende und dunkle 175, durchsichtige und undurchsichtige. Eigenschaften: bewegt sich strahlend in geraden Linien 176, seine Intensität nimmt ab, wie die Quadraten der Entfernungen zunehmen 177. Brechung, Beugung, Zurückwerfung 178, Fortpflanzung durch seine eigene Expansivkraft 179, Geschwindigkeit nach Römer 180, Feinheit. Ist eine diskrete Flüssigkeit. Freyes und figirtes Licht. Lichtträger. Chemische Wirkungen des Lichts. Quellen des Lichts 182. 183. Trennung in 7 Farben 190. Licht ist eine nothwendige Bedingung zum Sehen 196, entwickelt sich beym Verbrennen aus dem brennbaren Körper 279, Lichterscheinungen, elektrische 352.

Lichtmesser s. Photometer.

Lichtstoff 175.

Lichtstrahl, einfallender, zurückgeworfener 184, gebrochener 186, Parallele 177, Wirkungen der verschieden gefärbten Lichtstrahlen 192.

Lichtzerstreuung 191, Erklärung derselben nach Newton 194, nach Göthe 195.

Linie, magnetische 385.

Linsengläser 188.

Liter 134.

Lothwage 33.

Luft, atmosphärische s. Atmosphäre.

Luftarten s. Gasarten.

Luftbälle 436.

Luftbild durch Hohlspiegel 207.

Luftpumpe, Beschreibung derselben 68, man bringt damit keinen vollständig luftleeren Raum hervor. Geschichte ihrer Erfindung und Verbesserung 69.

Luftsäulenmaschine, Hellische 411.

Luftspiegelung 400.

Luftthermometer 227.

M.

Magnet, natürlicher und künstlicher 373, die Erde ist ein Magnet 386, s. Magnetismus.

Magneteisenstein 373.

Magnetisiren 388, 392

Magnetizität s. Magnetismus.

Magnetismus, (mineralischer) 32. Was man darunter verstehet 372. Körper die magnetisch werden können. Pole. Anziehung und Abstossung. Gleichnahmige stossen sich ab, ungleichnahmige ziehen sich an 373. Wie weit sich diese Wirkung erstreckt. Äussert sich durch alle Körper, nur durch Eisen mit einer Modification 374. Der magnetischen Wirk-

samkeit ungünstige Umstände. Mittel sie zu schätzen und zu verstärken. Armirung 377. Hypothese zur Erklärung des Magnetismus. + M, — M. Jeder Körper, den der Magnet anzieht, oder durch den er wirkt, wird vorher durch Vertheilung selbst zum Magnete 381. *Direction* 381. Abweichung 384. Neigung 385 Erklärung der magnetischen Direction und ihrer Modificationen 386, 387. *Mittheilung*. Wie das Magnetisiren geschieht: ohne einen andern (partiellen) Magnet durch den Magnetismus der Erde 389, durch Bestreichen mit einem andern Magnete: einfacher Strich und Doppelstrich 390, Methode, Magnete durch sich selbst zu verstärken 391 Modification der magnetischen Direction hoch in der Atmosphäre 407.

Magnetismus, thierischer 392, 393.

Magnetnadel 383.

Manometer 436.

Maschinen, einfache Definition 23, zusammengesetzte 26, Segner'sche 61, Hellische 411.

Masse mechanische mit Gewicht einerley 35, chemische 99.

Massentheile 47.

Mass, Zeitmass 126, Raummass: Längen- Flächen- Kubikmass 127, natürliches 128, in den k. k. Erbstaaten gesetzmässig bestimmtes, und ausländische verglichen mit natürlichen Millimetern 129—133, Hohlmass: Getränk- und Fruchtmass: natürliches, in Österreich gesetzliches, bloss geduldetes und ausländisches 133—136.

Materie, Definition 8, Vorstellungsart der Atomisten über ihr Wesen und ihre Entstehung 9, der Dynamisten 11.

Mengung 48.

Meniskus 189.

Meridian, magnetischer 382.

Mesmerismus 394, s. Magnetismus thierischer.

Metallreitz 338.

Meteore und *Meteorologie*. 485.

Meter 128.

Miasmen sind nach Moskati Ausflüsse thierischer Natur, Umstände unter denen sie entstehen 469, Mittel sie zu zerstören 470.

Mikroskop 211, einfache und zusammengesetzte; Vortheile von beyden 213, Sonnen- und Lampenmikroskop 214.

Mischung 48, Quelle der Wärme 273.

Mittheilung, elektrische 311.

Mittel, (der Bewegung) sein Widerstand ist ein Hinderniss der Bewegung 30, Vortheile davon 31. Mittel der Bewegung des Lichtes 176.

Molecul's, integrirende 81.

Montgolfièren 437.

Mousson's 446, 447.

N.

Natur 1.

Naturkunde, Beschreibung, Geschichte, Lehre 1, 2, 3.

Nebenwinde 445.
Netzhaut 196.
Neutralisation ist die festeste Art von chemischer Verbindung 115, 116.
Nordlicht 366.

O.

Oberfläche, convexe und concave von Flüssigkeiten in Gefässen. Ursache davon 87.
Objectivglas, achromatisches 217.
Oefen 282, schwedische 283.
Oehlkrug der Wittwe 419.
Ombrometer s. Regenmesser.
Optik 178.
Oxygengas 451.

P.

Panorama 203.
Passatwinde 446, ihre Erklärung 447.
Pausen, elektrische 306.
Pendel, einfaches und zusammengesetztes 43.
Pendelbewegung 43.
Pendelschwingungen. Ihr Langsamwerden macht die Abnahme der Schwere bemerkbar 34, werden unrichtig, wenn das Pendel durch Temperatursveränderungen verlängert oder verkürzt wird 221.
Perspektiv 203, 216.
Phosphor 182, als eudiometrische Substanz 456.
Photometrie 218, *Photometer* von Rumford, Landeriani, Saussure 218.
Physik, Definition. Unterschied von Chemie 4, Ideal einer vollkommenen 7.
Physiologie 6
Pigmente 195.
Plagoskop 445.
Pole, der galvanischen Batterie, positiver und negativer, + E u. — E. 340, Zink- und Silber- Oxygen- und Hydrogenpol 356, des Turmalins 377, des Magnets 382, feindliche und freundschaftliche. Methode sie zu finden 374, 375.
Polarität. Die Annahme derselben erkläret eigentlich nichts 84, 387. P. des Lichtes 188, elektrische 340, magnetische 381.
Provinzialwinde 446.
Pupille 196.
Pyrophore 282.
Pyrometer, Wedgwood's, Beschreibung. Verhältniss seiner Grade 229, Guyton Morveau's Platinpyrometer 230.

R.

Rad an der Welle 25.
Raum, schädlicher 421.
Regen 484.
Regenbogen 191.
Regenbogenhaut 196.
Regenmesser. 484.
Reibung, als Hinderniss der Bewegung, ihre Ursachen und Mittel dagegen 28, ihr Nutzen 29, Quelle des Lichts 183, der Wärme; ist der Annahme einer eigenen Wärmematerie entgegen 273. Erregungsmittel von Elektrizität 291.
Reibungsräder 29.
Repulsion 125.
Richtung, nothwendige Bedin-

gung bey jeder Bewegung 16; des Magnets 382.
Röhrenapparat, galvanischer 349.
Röhren, comunizirende 60, Torricellische 425.
Rolle, feste und bewegliche 24.

S.

Salpetergas, als eudiometrische Substanz 452.
Salpeterstoffgas s. Stickgas.
Samiel oder *Samum*, Wind 449.
Sättigung, nach Berthollet 106, nach Bergmann 115, ist in Bergmanns Sinne nach Berthollets Grundsätzen durch die blosse Verwandtschaft nicht möglich. Erklärung der Sättigungsverhältnisse nach Berthollet 117.
Sauerstoffgas 451.
Saugwerke o. *Saugpumpen* 419.
Saule, Volta'sche s. Batterie. Zamboni's trockene 345, 350.
Schatten 179.
Schlaf, magnetischer 392,
Schlag, elektrischer 313, 327.
Schlagweite 313.
Schmelzpunkt 249.
Schnellwage 147.
Schraube 26.
Schröpfköpfe 418.
Schutzfläschchen, tragbare desinficirende 470.
Schwere 31, Definition. Besteht in der Anziehung, welche die Erde gegen alle ihre Theile ausübet 32, 46, negative 33. Die Schwere ist in allen Körpern gleich, aber nur in gleicher Entfernung vom Mittelpunkte der Erde; ihre Abnahme mit der Entfernung kann durch das Langsamwerden der Pendelschwingungen bewiesen werden 34, Unterscheidung von Gewicht 35. Was eigentlich specifische Schwere bedeutet. 36 Absolute und relative Schwere 41.
Schwerpunkt 37.
Sehe s. Pupille.
Sehen. Nothwendige Bedingungen dazu 196, Erklärung 198. Warum sehen wir die Gegenstände nicht verkehrt 200. oder mit 2 Augen doppelt 201. Sehen mittelst Spiegel 205, durch Planspiegel 206, durch krumme Spiegel 207—208. Sehen mittelst gebrochener Lichtstrahlen. Die Gegenstände erscheinen an einem andern Orte 208. Sehen durch Plangläser 209. Durch convexe Gläser erscheinen die Gegenstände grösser und entfernter 210, 211, durch concave kleiner und näher 112. Sehen durch Mikroskope 213, durch Teleskope 215.
Sehnerve 196.
Sehwinkel, von ihm hängt die scheinbare Grösse des Gegenstandes ab; er darf nicht zu klein werden, wenn der Gegenstand sichtbar bleiben soll. 201, 202.
Sicherungsapparat grösserer, gegen Miasmen 470.
Sieb der Vestalinn 419.
Sieden, Unterschied vom freywilligen Verdünsten 480. Warum Flüssigkeiten nur bey einer

bestimmten Temperatur sieden 481.
Siedepunkt, und seine Abhängigkeit vom Drucke der Atmosphäre 255, verschieden bey verschiedenen Flüssigkeiten 256. Ursache 481.
Sirocco 449.
Skale, an Aräometern 160, Thermometern 225, Wedgwood's Pyrometer 230, Barometern 427, 428.
Skaphander 65.
Somnambulismus, magnetischer 392.
Sonne, Quelle des Lichtes 183, der Wärme 268, Grad der durch sie hervorgebrachten Wärme unter gewöhnlichen, und unter einer künstlichen Vereinigung von Umständen 269. Bewirkt die Temperatur der Erdatmosphäre 400—405. Herschels Meinung von der Beschaffenheit der Sonne 183, 269.
Sonnenbild 176, 190.
Spiegel, Definition und Eintheilung 184, Planspiegel, krumme Hohl- und Bauchspiegel, Parabolische 185. 186. Sehen dadurch 205. Sie brauchen nicht so gross als der Gegenstand zu seyn, um diesen ganz zu zeigen 206. Metallspiegel strahlen die Wärme besser zurück, als Glasspiegel 234.
Spiegelteleskop, Newtonianisches und Gregorianisches 217.
Spitzen, befördern die Mittheilung der Elektrizität 314. auch das Ausstrahlen der Wärme 237.
Spritze 419.
Staar, grauer und schwarzer 205.
Stahlfederwage 147.
Starrheit 54.
Statik 66.
Stättigkeit 20.
Stickgas 451.
Stoffe, ätherische 72, 174, unzerlegte 50, eudiometrische 452, hygrometrische 464.
Stoss, als Quelle des Lichts 183, der Wärme, durch Verdichtung des gestossenen Körpers 270, 271.
Strahlenbrechung, irdische 209, 398, hat auf trigonometrische Höhenmessungen Einfluss; ungewöhnliche 400.
Stricke, ihre Steifigkeit Hinderniss der Maschinen-Bewegung 30, ihre absolute Festigkeit 53.

T.

Tabellen, über Verwandtschaftsgrade 114, vergleichende über Masse und Gewichte 129—146, Reductionstabelle der Beaume'schen Aräometergrade auf das specifische Gewicht 164, über das specifische Gewicht einiger Körper 165—173; über die Ausdehnung verschiedener Körper durch die Wärme 222, über den specifischen und relativen Wärmestoff 242, über Gefrier- und Schmelzpunkte 250, über Siedepunkte 256, über Kälteerregende Mischungen 264, über den elektrischen Zustand, welchen jeder von zwey anein-

ander geriebenen Körpern erhält 300, über wirksame Glieder einer galvanischen Batterie 341, über die mittlere Temperatur an verschiedenen Orten 407; Englefield's zur Berechnung der Höhen nach Barometerbeobachtungen 440, über die Höhen einiger Orte 434, über die Elastizität der Wasserdämpfe bey verschiedenen Temperaturen 486.

Taschenperspektiv 216.

Täuschungen, optische 202, 203.

Taucherglocke 412.

Telegraphen 180.

Teleskope 212, dioptrische und katadioptrische, astronomische und terrestrische 215, Galile'sche 216, achromatische. Spiegelteleskope, Gregorianische und Newton'sche 217.

Temperamentenglas 260.

Temperatur, die Form 249, und viele besondere Eigenschaften fester Körper sind davon abhängig 56, was eigentlich die Temperatur sey. Sie wird durch das Thermometer bestimmt 232. Ausgleichung der Temperaturen 233, wovon die Geschwindigkeit dieser Ausgleichung abhängt 234. Temperatur des Siedepunktes von dem Drucke der Atmosphäre abhängig. Temperatur der Atmosphäre 400—405; nothwendige Vorsichten bey ihrer Bestimmung 402, mittlere Temperatur der Atmosphäre 407.

Thermometer, gründen sich auf die grössere Ausdehnung flüssiger Körper. Beschreibung des Quecksilberthermometers 224, correspondirende. Verschiedene Skalen 225, Weingeist-, Luft-, Differenzialthermometer 227, 228 Holzmanns Thermometer in Form einer Taschenuhr 231. Ob Thermometer luftleer seyn sollen. Gemeinschaftlicher Fehler aller mit tropfbaren Substanzen bereiteter Thermometer 228.

Thermometergraph 226.

Tintenfass, magisches 419.

Traversiren, des Magnets 382.

Trägheit s. Beharrungsvermögen.

Trichter, magischer 419.

Trogapparat, galvanischer 348.

Tropfbarkeit 57.

Tropfenbildung 73.

Turmalin, der vorzüglichste durch Erwärmung elektrisirbare Körper 370.

U.

Undurchdringlichkeit, mechanische, verschieden von der chemischen 11.

V.

Verbrennen, Quelle des Lichts 183, der Wärme. Worin es bestehet. Erklärung: Stahl's durch Annahme von Phlogiston 275, Lavoisier's durch Zerlegung der Lebensluft mittelst einfacher Wahlverwandtschaft 276, von Brugnatelli modifizirt, Thermoxygen. Erklärung durch Zerlegung der Lebensluft mittelst doppelter

Wahlverwandtschaft. Erklärung durch chemische Verbindung in ihrer chemischen Natur sehr verschiedener Körper überhaupt. Brennkörper und Zündkörper sind nur relativ. Worin das Verbrennen mit Flamme bestehet 280. Einige Substanzen verbrennen nur, wenn sie zersetzt werden; einige mit, andere ohne Docht. Selbstverbrennungen 282 — 284.

Verdünstung, freywillige. Unterschied vom Sieden 480. Erklärung durch Auflösung des Wassers in der Luft ist nicht haltbar 477. Die Erklärung durch Verbindung des Wassers mit Wärmestoff enthält nach Daltons Theorie gar keinen Widerspruch 478, 480. Mittlere Menge der jährlichen. Befördernde Umstände 483.

Verdünstungsapparat, Montgolfier's künstlicher 483.

Verdünstungslehre 476.

Vergrösserungsgläser s. Mikroskope.

Vertheilung, elektrische 316.

Verwandtschaft 47, homogene und heterogene. Die letzte zwischen grösseren Massen ohne Veränderung ihrer wechselseitigen Natur 85, chemische 91, ruhende und trennende 93. Ihre Wirkung ist nicht allein von dem Verwandtschaftsgrade, sondern auch von der Menge der verwandten Theile abhängig: chemisches Moment. Verwandtschaft für sich bewirkt nur Trennungen zum Theil 99, Verwandtschaft der Zusammensetzung, aneignende, vorbereitende, neuerzeugte 101, einfache Wahlverwandtschaft 102, zusammengesetzte, nothwendige und zufällige 103, neuerzeugende oder disponirende Verwandtschaft 104, 105. Vorschläge zur Bestimmung der Verwandtschaftsintensität, sind alle unzulänglich 111, 112. Nach Berthollets Meinung verbinden sich Körper durch die blosse Verwandtschaft nicht in bestimmten Verhältnissen, nach Proust, Berzelius und Andern in bestimmten 114—119. Nach Berzelius ist der Sauerstoff der Massstab für alle Verbindungsverhältnisse 119—121. Dalton's atomistische Hypothese 123. Verwandtschaft durchsichtiger Körper zum Lichte bestimmt, ihre Brechungsfähigkeit 187, zum Wärmestoffe ihre Leitungsfähigkeit 235. Die Verwandtschaft wird durch den Wärmestoff modifizirt 266. Die Bestandtheile der Atmosphäre sind nicht durch chemische Verwandtschaft verbunden 470 —480

Verwandtschaftslehre, Bergmann's 100, Berthollet's 105, Vergleichung beyder 110.

Verwandtschaftstafeln 113.
Vexierbecher 424.

W.

Wärme, subjective und objective 220. Ihre Intensität wird durchs Thermometer gemessen 224. Das Gefühl ist ein sehr trüglicher Zeuge über Wärme und Kälte 247. Von den Sonnenstrahlen hervorgebrachte 269, durch Brenngläser und Spiegel, durch den Stoss 270, durch Reibung ist unerklärbar 272. Thierische Wärme 205, Theorie derselben 287. Ausserordentliche Wärmeintensität durch Galvanismus hervorgebracht 353. Wärme der Atmosphäre 400.
Wärmegrade 226.
Wärmeleiter, sind alle Körper, so lange sie nicht ihre Form verändern, nur bessere oder schlechtere 234. Ursache der verschiedenen Leitungsfähigkeit in dem Verwandtschaftsgrade zum Wärmestoff 235. Auch tropfbare Körper sind Leiter 236, ruhige Gasarten die schlechtesten 237.
Wärmestrahlen, sind weniger brechbar als die Lichtstrahlen 192, Mittel sie von Lichtstrahlen zu trennen 240. Wärmestrahlen werden eben so reflectirt wie Lichtstrahlen 234.
Wärmestoff, seine Wirkungen 220, Veränderung der Ausdehnung; scheinbare Ausnahmen 223. Freyer, latenter, gebundener und figirter Wärmestoff. Er äussert das Bestreben, sich zwischen alle Körper bis zur Gleichheit der Temperatur zu verbreiten. Prevost's Erklärung 232. Er bewegt sich durch alle Körper. Strahlender und geleiteter Wärmestoff 233, specifischer Wärmestoff oder Capacität der Körper für den Wärmestoff durch Mengungsversuche dargethan 240, durchs Calorimeter 242; relativer Wärmestoff 241. Die absolute Menge des Wärmestoffs in den Körpern ist unbekannt. Veränderung des Aggregatzustandes der Körper durch Wärmestoff 249. Umwandlung starrer Körper in tropfbare, geschieht durch Bindung von Wärmestoff; Blacks Theorie und Versuche 249—251, Wärmestoff der Tropfbarkeit 254. Verwandlung der Körper in Dämpfe. Blacks Versuche und Theorie 259. Adhärirend und chemisch gebundener Wärmestoff. Wärmestoff verändert die Verwandtschaftskräfte 266. Quellen des Wärmestoffs 268: Sonne, Stoss, Reibung, chemische Einwirkung, Verbrennen, Leben 269—285. Wie wir uns den Wärmestoff vorstellen müssen 289.
Wagen 36, Eintheilung derselben. Gleicharmige Hebel- oder Krämerwage 147, wornach

ihre Empfindlichkeit geschätzt wird Hydrostasische Wage 148.
Wahlverwandtschaft, einfache 101, zusammengesetzte 103; beyde nach Berthollet's Grundsätzen erkläret 109.
Wasser, besitzt Elastizität 58. Grösste Dichtigkeit desselben 224, 234, kommt in 3 Formen vor 248. Sein Zustand in der Atmosphäre 464—480.
Wasserhammer 260.
Wasserhebmaschine, Hellische 411.
Wasserhose 366.
Wasserwage 58.
Wasserzerlegung, durch galvanische Elektrizität in dem Apparate von Jacquin 354.
Weitsichtigkeit 200, 205.
Wellen und *Wellenschlagen* 60.
Wetterglas 426.
Wetterleuchten 366.
Wind, elektrischer 336. Winde als Ursache von Temperaturs-veränderungen 406. Eintheilung der Winde. Instrumente, ihre Richtung und Stärke zu bestimmen 445, Ursache der regelmässigen 447, und der unbeständigen Winde 448, Schaden und Nutzen der Winde 449.
Windbüchse 69.
Winde, als Maschine 25.
Windfahnen, *Windmesser*, *Windzeiger*, *Windstille* 445.
Witterung, und *Witterungskunde* 485.


Z.

Zauberlaterne 214.
Zergehungen 119.
Zerstreuung des Lichtes oder der Farben 191.
Zerstreuungspunkt s. Brennpunkt negativer.
Zerstreuungswinkel 190.
Zimmer, finsteres 214.
Zone, heisse, gemässigte, kalte 404.
Zündkörper 277.
Zurückprellungswinkel 184.
Zurückwerfung s. Reflexion.


BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS

Gedruckt bey Anton Strauss.


T. I.


Fig. 6.
Fig. 13.
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
40
35
30
25
20
15
10
Fig. 15.
Fig. 3.
A
Fig. 7.
D
C
B
C
H
Fig. 24.
violet
indigo
blau
grün
gelb
orange
roth
f
e
b
c
d
a
A
d'
f''
B
Fig. 37.
d
f
d''
f'
B


T. II.



T. III.


Fig. 47.
Fig. 50.
Fig. 48.
Fig. 49.
Fig. 58.
Fig. 70.
D
A
c
B
Fig. 68.
c
d
D
C
B
A
Fig. 59.
56.
E
F
Fig. 62.
Fig. 67.
N
S
b
n
s
f
Fig. 66.

T. IIII.



Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Scholz, Benjamin,

Anfangsgründe der Physik als Vorbereitung zum Studium der Chemie

Wien 1816

Phys.g. 421 s
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10131962-9